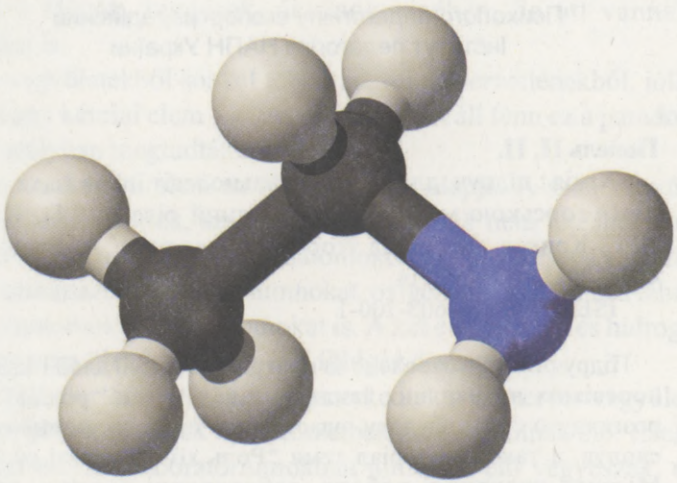
P. P. POPEL, L. SZ. KRIKLA

KÉMIA

Tankönyv
az általános oktatási rendszerű tanintézetek számára

11. OSZTÁLY

Akadémiai szint



Ajánlotta
Ukrajna Oktatási és Tudományos Minisztériuma

ЧОПСЬКА
СЕРЕДНЯ ШКОЛА № 2

Львів
Видавництво "Світ"
2011

УДК 547(075.3)
ББК 24.2
П57

Перекладено за виданням:
Попель П. П. Хімія : підруч. для 11 кл. загальноосвіт. навч. закл. (академічний рівень) / П. П. Попель, Л. С. Крикля. – К. : ВЦ "Академія", 2011.

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(наказ Міністерства освіти і науки України від 16.03.2011 р. № 235)

Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено

Наукову експертизу здійснив
Інститут органічної хімії НАН України

Психолого-педагогічну експертизу здійснив
Інститут педагогіки НАПН України

Попель П. П.

П57 Хімія : підруч. для 11 кл. загальноосвіт. навч. закл. із навчанням угорською мовою : академічний рівень / П. П. Попель, Л. С. Крикля ; переклад угорською мовою А. А. Варга. – Львів : Світ, 2011. – 352 с. : іл.
ISBN 978-966-603-700-1

Підручник підготовлено за програмою з хімії для 11 класу загальноосвітніх навчальних закладів (академічний рівень). У ньому розглянуто склад, будову, властивості та застосування органічних сполук, а також матеріал теми "Роль хімії в житті суспільства". Містить практичні роботи, лабораторні досліди, запитання, вправи, задачі, додатковий матеріал для допитливих, а також узагальнювальні таблиці, словник хімічних термінів, предметний покажчик.

УДК 547(075.3)
ББК 24.2

ISBN 978-966-603-700-1 (угор.)
ISBN 978-966-580-361-4 (укр.)

© Попель П. П., Крикля Л. С., 2011
© ВЦ "Академія", оригінал-макет, 2011
© Варга А. А., переклад, 2011

Kedves tizenegyedik osztályosok!

Ebben a tanévben befejezitek a kémia tantárgy tanulását, s egész képetek lesz erről az érdekes, magával ragadó, fontos tudományról.

Tudjátok, a kémiai vegyületeket szervetlenekre és szervesekre osztják. A szervetlen vegyületekkel, összetételükkel, szerkezetükkel, tulajdonságaikkal a 8–10. osztályok kémia óráin ismerkedtetek meg. Ezeket a vegyületeket különböző kémiai elemek alkotják. Belőlük sok van a környező világban. Ilyen a víz, a szén-dioxid, ásványok, fémércek, a kőzetek és hasznos ásványok anyagai. A szervetlen vegyületek oldott állapotban találhatók a folyók, tengerek, óceánok vizében, de ott vannak az élőlényekben is.

Szerves vegyületekből sokkal több van, mint szervetlenekből, jóllehet ezek alapja egy kémiai elem – a szén. Hogy miért áll fenn ez a paradoxon, már a 9. osztályban megtudtátok.

A szén mint kémiai elem az élő természet alapja. A szén vegyületei ugyanis a fehérjék, zsírok, szénhidrátok. Nélkülük nem létezhetnének a növények, állatok, az ember. A szénatomokon kívül a szerves vegyületek molekulái tartalmaznak hidrogénatomokat, oxigénatomokat, míg a fehérjék még nitrogénatomokat és kénatomokat is. A két elem – szén és hidrogén – által alkotott vegyületek a kőolaj és a földgáz összetevői.

A 11. osztályban részletesen megismerkedtek sok szerves vegyülettel, köztük olyanokkal, amelyek a természetben nem fordulnak elő. Ezeket a vegyületeket először laboratóriumokban állították elő vegyészek, most pedig nagy mennyiségben gyártja őket az ipar. Közöttük legfontosabbak a polimerek és az ezek alapján előállított műanyagok. Az utóbbiak a mindennapi élet elengedhetetlen kellékeivé váltak és fokozatosan kiszorítják a fát, a természetes rostokat, fémeket, üveget, kerámiát.

A szerves vegyületeket a kémia egyik tudományága, a szerves kémia vizsgálja.

A szerves és szervetlen vegyületek között – különbségeik ellenére, kölcsönös kapcsolat áll fenn, és kölcsönösen átalakíthatók egymásba.

A szerves kémia tanulása során kísérleteket fogtok végezni. Lesznek különálló és gyakorlati munkákban foglalt kísérletek. Ezekhez nem csak

kémiai reagenseket fogtok használni, hanem a mindennapi életben használt anyagokat is.

Ebben a tankönyvben, akár az előzőkben is, a legfontosabb meghatározások színes szöveggel vannak kiemelve. Az új szakkifejezések, különös jelentéssel bíró szavak, paragrafuscímek és fontos információk dőlt vagy félkövér betűkkel vannak kiemelve. A kémiai kísérlet (laboratóriumi kísérlet, gyakorlati munkák) színes keretben vannak feltüntetve. A kiegészítő tananyagot balról színes vonal jelöli, s az egyes érdekes tények és ismertetések a lapszélen találhatók. A tankönyvvel való munkát tárgymutató segíti. Mindegyik paragrafus különböző szintű kérdéseket, gyakorlatokat, feladatokat tartalmaz.

A tankönyvet használjátok átgondoltan, ne térjetek napirendre egyetlen olyan kérdés fölött sem, amely a tananyaggal kapcsolatban felvetődik.

Tartsátok be az előző tankönyvekből megismert előírásokat a kémiai szaktanteremben és a kísérletek során betartandó biztonsági szabályokat és utasításokat illetően.

Reméljük, hogy ez a tankönyv fokozza érdeklődéseteket a kémia iránt, és segít benneteket a sikeres tanulásban.

A szerzők

A szerves kémia alapjai

A szerves kémia a kémia tudomány egyik legfontosabb ága. Vizsgálatának tárgyát a szerves anyagok – a szén vegyületei – képezik. Szénvegyületeket minden élő szervezet tartalmaz, de megtalálhatók a kőolaj, a földgáz, sok polimer anyag és rost, festék összetételében, és fő alkotórésze a gyógyszerek többségének. A szerves vegyületeket széleskörűen alkalmazza az ember saját szükségleteire.

A 11. osztályban új ismereteket szereztek a szerves vegyületekről, megtanuljátok, hogyan kell összeállítani a vegyületek képleteit, megértitek azoknak a reakcióknak a mechanizmusait, amelyek a részvételükkel folynak, előre jelezhetitek a várható reakciótermékeket.

1. rész

A szerves vegyületek szerkezetelmélete

Ebben a részben megismerkedtek a szerves vegyületek osztályozásával és a bennük lévő kémiai kötések típusaival. Megismeritek a szerves vegyületek szerkezetelméletének alaptételeit, létrejöttük előfeltételeit, fejlődésük mai irányait.

1. Szerves vegyületek

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- megismételjétek a szerves vegyületek összetételét és egyes tulajdonságait;
- felidézzétek a szerves anyagok sokféleségének okát;
- megtanuljátok a szerves vegyületek osztályozását.

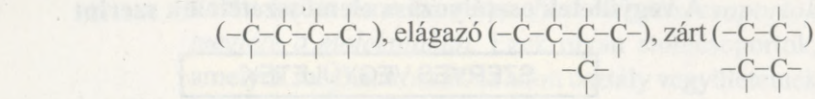
Szerves vegyületek. Tudjátok, hogy a szerves vegyületeket, a szervetlenektől eltérően, csak néhány kémiai elem alkotja. Ezek egyike a szén. Atomjain kívül szinte valamennyi szerves vegyületben előfordulnak hidrogénatomok. Sok szerves vegyület molekulái tartalmaznak még oxigénatomokat, nitrogénatomokat, halogének atomjait, s egyes szerves vegyületekben előfordulnak még kénatomok és foszforatomok.

Ugyancsak tudjátok, hogy majdnem minden szerves vegyület molekuláris szerkezetű. Alacsony olvadás- és forráspont jellemző rájuk. A szerves vegyületek többsége rosszul oldódik vízben vagy oldhatatlan benne, melegítés hatására meggyulladnak vagy elbomlanak.

A szerves vegyületek sokfélesége. Jelenleg mintegy 20 millió szerves vegyületet tartanak számon. Élőlényekből nyerik ki, kémiai laboratóriumokban szintetizálják, üzemekben termelik őket. A szerves vegyületek változatossága jelentős mértékben annak köszönhető, hogy a szénatomok:

- elég magas vegyértékkel (néggyel egyenlő) rendelkeznek;
- egyes és többes (kettős, hármas) kovalens kötéseket képezhetnek (–$\overset{|}{\underset{|}{C}}$–, =C–, =C=, ≡C–);

• különböző szerkezetű, köztük nem elágazó



láncokat képezve kapcsolódhatnak egymáshoz.

A zárt szénláncot ciklusnak nevezzük.

A szerves vegyületek közt a *szénhidrogének* – a szén hidrogénnel alkotott vegyületei – dominálnak.

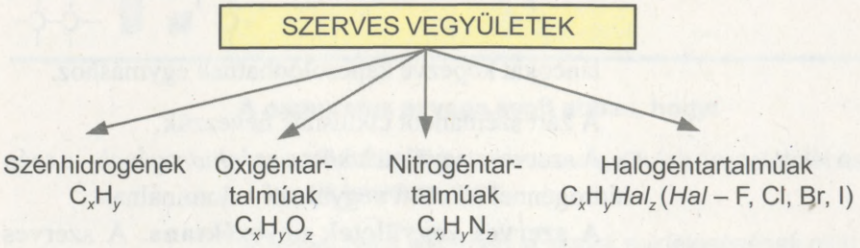
A szerves vegyületek nevezéktana. A szerves vegyületek egy részének *triviális neve* (közönséges neve) van, mint például citromsav, sóskasav, ecetsav, aceton, glicerin. Az ilyen név alapján nem írható le az anyagok vegyületképlete. A XX. században több javaslat született a szerves anyagok *kémiai nevének* írásmódját illetően. Legelterjedtebbé a *szisztematikus nevezéktan* vált. Ezt Nemzetközi Elméleti és Alkalmazott Kémiai Egyesület, angol nevének rövidítésével: **IUPAC** (International Union of Pure and Applied Chemistry) dolgozta ki. A módszer értelmében minden szerves vegyületnek szisztematikus elnevezése van, amely jelzi molekulájának összetételét és szerkezetét. A szerves vegyületek szisztematikus nevezéktanával kapcsolatos szabályokkal és ajánlásokkal a kémiaórákon és a tankönyv használata során fogtok megismerkedni. Az így alkotott név alapján minden tanuló le tudja majd írni a vegyület kémiai képletét.

A szerves vegyületek osztályozása. A szerves vegyületek világában az osztályozásuk segít eligazodni. Az osztályozás két módszerét az 1. és 2. vázlat illusztrálja.

A telített szerves vegyületek molekuláiban csak egyes kötések fordulnak elő a szénatomok között, míg a telítetlenekben, az egyes kötéseken kívül, kettős és hármas kötések is vannak. A szerves vegyületeknek ezzel a két legfontosabb típusával már megismerkedtetek a 9. osztályban.

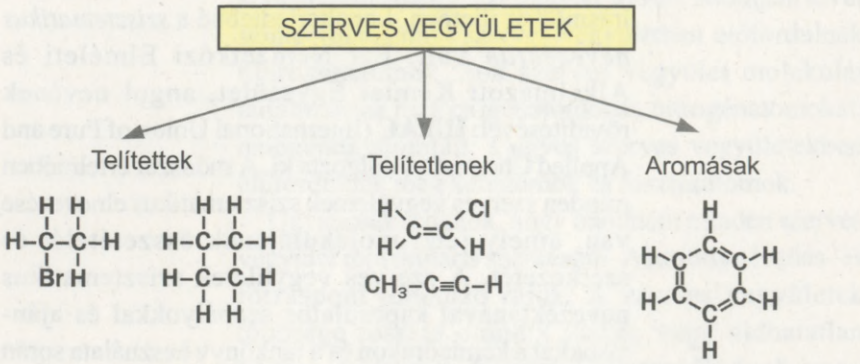
1. vázlat

A vegyületek osztályozása elemösszetételük szerint



2. vázlat

A vegyületek osztályozása a szénatomok közötti kötés sajátosságai szerint



Az aromás vegyületek molekuláiban olyan szénciklusok vannak, amelyekben az egyes és kettős kötések váltakoznak. Ezekről a vegyületekről a 12. és 13. paragrafusokban lesz szó.

A szerves vegyületeket a *szénlánc szerkezete* szerint is osztályozzák. Az egyik típusú vegyületek molekuláinak nyílt – nem elágazó vagy elágazó – szénláncuk van. A másik típusba ciklikus molekulájú vegyületek tartoznak. Ezen belül elkülönítenek *karbociklusos vegyületeket* (csak szénatomok által képzett ciklusokat tartalmaznak) és *heterociklusos vegyületeket* (a ciklusokban a szénatomon kívül más kémiai elemek atomjait is tartalmazzák).

A szerves vegyületek osztályozásának egy további kritériuma *bizonyos funkcionális csoportok megléte a molekulában*. Ezek olyan atomcsoportok, amelyek meghatározzák az adott osztály vegyületeinek jellegzetes kémiai tulajdonságait. Az oxigéntartalmú szerves vegyületek esetében például megkülönböztetik például az alkoholokat és a karbonsavakat. Az alkoholok molekuláiban egy vagy több hidroxilcsoport (–OH), a karbonsavakéban karboxilcsoportok (–COOH) találhatók. Egyes vegyületek többféle funkcionális csoportokat tartalmaznak. Az aminoecetsav molekulájában $H_2N–CH_2–COOH$ aminocsoport ($–NH_2$) és karboxilcsoport (–COOH) található.

▶ A szerves vegyületek melyik csoportjába tartoznak az alábbi képlettel rendelkező vegyületek:
a) m C_2H_4; b) C_2H_5OH?

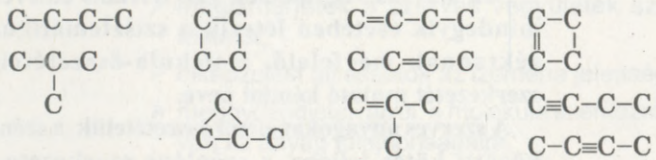
Megvizsgáljuk a gyakorlatot, amely azt jelzi, hogy több szénatom más elemek atomjaival együtt sok különböző molekulát képezhet, köztük szerves vegyületeket.

GYAKORLAT. Bizonyítsátok be, hogy tíznél nem kevesebb olyan szerves vegyület létezik, amelyeknek a molekulái négy szénatomot tartalmaznak!

Megoldás

Négy szénatom nem elágazó, elágazó és zárt lánccá kapcsolódhat össze.

Leírjuk a különböző, egyes kötéseket tartalmazó szénláncokat és az egy kettős és egy hármas kötést tartalmazókat is:



Lehetnek két és három kettős kötést, két hármas kötést tartalmazó szénláncok is. Ezenkívül a szénatomok nem csak a hidrogénatomokkal, hanem más elemek atomjaival is kapcsolódhatnak.

Vagyis olyan vegyületekből, amelyek molekulái több mint négy szénatomot tartalmaznak, tíznél jóval több lehet.

▶ Egészítsétek a gyakorlatban lévő szénláncokat a szükséges számú hidrogénatommal!

Az utóbbi feladat teljesítésével szénhidrogének *szerkezeti képleteit* kaptátok meg. A „szerkezeti képlet" fogalmat a szerves kémiában az általatok is ismert „grafikus képlet" szakkifejezés helyett használják.

Az olyan szerves vegyületek molekuláit, amelyek több száz vagy több ezer szénatomot tartalmaznak, *óriásmolekulájú*, a kevés számú szénatomot tartalmazókat pedig *kismolekulájú vegyületeknek* nevezzük.

ÖSSZEGEZÉS

A szerves anyagok – szénvegyületek. Az ilyen vegyületek molekulájának összetételében, a szénatomokon kívül, hidrogénatomok és néhány más elem atomjai találhatók.

A szénvegyületek nagy számának az a magyarázata, hogy a négy vegyértékű szénatomok egyes és többes kovalens kötéseket képezhetnek, és különböző szerkezetű láncokká egyesülhetnek.

Sok szerves vegyületnek van triviális elnevezése, de mindegyik esetében létezik a szisztematikus nevezéktannak megfelelő, molekula-összetételét és – szerkezetét mutató kémiai neve.

A szerves anyagokat elemi összetételük, a szénatomok közötti kötés jellege, a szénlánc szerkezete szerint csoportosítják. Ezenkívül a szerves vegyületeket a molekuláikban lévő bizonyos funkcionális csoportok alapján is osztályozzák.

?

1. Bizonyítsátok be a szénatom elektronképletének felhasználásával, hogy a szén négy vegyértékű lehet!
2. Nevezzetek meg néhány sajátosságot, amelyekkel a szerves vegyületek különböznek a szervetlenektől!
3. Magyarázzátok meg, hogy miért van sokkal több szerves vegyület, mint szervetlen!
4. Milyen tulajdonságok alapján csoportosítják a szerves vegyületeket?
5. Mondjatok példákat telített, oxigéntartalmú szerves vegyületre, amelynek a molekulája egy vagy két szénatomot tartalmaz! Írjátok fel a kémiai képletét, és rajzoljátok le molekulaszerkezetét!
6. Szerkesszétek meg a molekuláikban két vagy három szénatomot tartalmazó telítetlen szénhidrogének kémiai és szerkezeti képletét!
7. Milyen csoportba tartoznak a következő képletű szerves vegyületek: CH_3Br, CH_3COOH, C_2H_2?
8. Milyen vegyületben – a glükózban, etilalkoholban, aminoecetsavban – legnagyobb a szén tömegrésze?

2. A szerves vegyületek szerkezetelmélete

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- megértsétek, mi az elmélet;
- megismerjétek a szerves vegyületek szerkezetelméletét;
- elképzelést alkossatok az izoméria jelenségéről;
- meggyőződjetek arról: a molekula szerkezete hatással van az anyag tulajdonságaira.

Az elmélet mint a tudományos ismeretek legmagasabb formája. Bármilyen elmélet megalkotását

megfigyelések, tények, objektumok és jelenségek vizsgálata, ezek eredményeinek elemzése és rendszerezése, valamint törvényszerűségek keresése előz meg.

Az elmélet – a tények, objektumok, jelenségek közötti viszonyt és kapcsolatokat tükröző általánosító tételek halmaza a tudományban.

Minden elmélet meghatározott rendszerbe rendezi a tudományos ismereteket. Lehetővé teszi az ismert tények, jelenségek magyarázatát és újak előrejelzését.

Az elmélet helytállóságát a gyakorlatban ellenőrzik. Ennek érdekében sok kiegészítő megfigyelést és kutatást végeznek, elemzik az elmélet előrejelző képességét. Az ilyen ellenőrzés eredményeitől függően korrigálják, bővítik az elméletet. Ha az elmélet hibásnak bizonyult, akkor újat alkotnak.

Mivel az elméletek bizonyos tudományos és műszaki fejlettségi szintnek felelnek meg, idővel elkerülhetetlen a változásuk.

A szerves vegyületek szerkezetelméletének megalkotásával kapcsolatos előzmények. A szerves anyagokkal az ember nap mint nap találkozik. A régmúltban saját szükségleteire csak a természetes nyersanyagokat használta fel, amelyek alapját szerves anyagok képezték: különböző ételeket és italokat készített, megmunkálta a bőrt és a prémeket, kinyerte a növényekből az olajat, festékeket, illatanyagokat, gyógyító főzeteket, ecetet és alkoholt állított elő, később megtanult szappant főzni.

A XIX. századig sok szerves vegyületet tártak fel és vizsgáltak meg, illetve fedezték fel természetes nyersanyagokból való előállításuk módját, kidolgozták a selyem-, a papír- és színezékkészítés technológiáját. A XIX. században indult rohamos fejlődésnek az ipar, a kémiában kibővültek a tudományos kísérletek, rendszerezték és elméletileg megalapozták a felhalmozott kísérleti anyagot.

A XIX. sz. kezdetén a szerves vegyületek kémiája önálló tudományággá vált, mivel észlelték a

Érdekes tudnivaló

A „szerves kémia" kifejezést a XIX. sz. elején Berzelius svéd tudós javasolta.

szerves és szervetlen anyagok közötti lényeges különbségeket.

A tudósok sokáig azt gondolták, hogy a szerves vegyületek csak élő szervezetekben képződnek. Ezt az elképzelést 1828-ban Friedrich Wöhler német tudós megcáfolta, miután az ammónia NH_3 és a ciánsav HOCN közötti reakció eredményeként az általa várt NH_4OCN szervetlen só helyett szerves anyagot – karbamidot $CO(NH_2)_2$ kapott. Később arról jelentek meg publikációk, hogy M. M. Zinyin orosz tudós anilint (1842), Hermann Kolbe német vegyész ecetsavat (1845), Marcellin Berthelot francia vegyész zsírt (1854), A. M. Butlerov orosz kémikus szénhidrogéneket (1861) állított elő.

Nagyon sokat tettek a szerves kémia fejlődéséért Friedrich Kekulé és A. Kolbe német vegyészek, valamint A. Cooper skót kémikus. 1857-ben arra a következtetésre jutottak, hogy a szerves vegyületekben a szénatomok négy vegyértékűek és egymáshoz láncot alkotva kapcsolódnak. A. Cooper javasolta azt, hogy vonással ábrázolják az atomok közötti kötéseket a molekulában.

A szerves vegyületek szerkezetelmélete. Kekulé, Cooper és Butlerov az 1858–1861-es években egymástól függetlenül publikálták a szerves vegyületek szerkezetelméletét megalapozó fontos állításaikat. A tudósok az anyagok szerkezetét az atomok molekuláikon belüli kapcsolódásának sorrendjeként értelmezték.

Az elmélet alaptételei mai felfogásban a következők:

1. A szerves anyagok molekuláiban az atomok az elemek vegyértékének megfelelő meghatározó sorrendben kapcsolódnak egymáshoz.

2. A szerves anyagok tulajdonságai nem csak az összetételüktől függnek, hanem a molekulaszerkezetüktől is.

3. A molekulában az atomok és atomcsoportok az anyagok fizikai és kémiai tulajdonságait befolyásoló kölcsönhatásban állnak egymással.

Mivel az elmélet tételei a molekulaszerkezettel kapcsolatosak, ezért *szerkezetelméletnek* nevezték el. Ennek megfelelően, a molekula szerkezetének ismeretében előre jelezhetők az anyag tulajdonságai. És fordítva: az anyag tulajdonságai utalnak molekulaszerkezetének bizonyos sajátosságaira.

A szerves vegyületek szerkezetelmélete lehetővé tette sok, az idő tájt még nem ismert anyag létezésének megjósolását. Butlerov és tanítványai, de más tudósok is több száz szerves anyagot szintetizáltak, amivel alátámasztották a megalkotott elmélet helyességét.

A szerves vegyületek szerkezetelméletét J. Vant-Hoff holland és Joseph-Achille Le Bel francia vegyészek fejlesztették tovább munkáikban. Őket tekintik a szerves anyagok molekuláinak térszerkezetével, az anyagok fizikai és kémiai tulajdonságainak az atomok és atomcsoportok térbeli helyzetétől való függésével kapcsolatos tan megalapítóinak. Ők állapították meg elsőkként 1874-ben, hogy a szénatom más atomokkal alkotott négy kötése annak a tetraédernek a központjától a csúcsai felé irányul, amelyben található.

Érdekes tudnivaló

Az Ukrán Nemzeti Tudományos Akadémia (UNTA) keretében több olyan kutatóintézet működik, amelyekben vegyészek szerves vegyületeket állítanak elő és vizsgálnak.

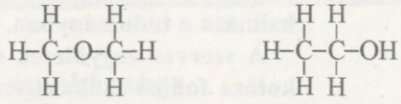
A szerves kémia területén történt sok felfedezés kötődik ukrán tudósok – Sz. M. Reformatszkij, V. P. Javorszkij, I. J. Gorbacsevszkij, O. V. Bogatszkij, I. K. Macurevics, A. I. Kiprianov – nevéhez.

A szerves vegyületek szerkezetelmélete töretlenül fejlődik a korszerű kutatási módszereknek köszönhetően. Ma tudható, hogy a vegyületek tulajdonságaira kihatással van az atomok molekulában lévő sorrendje mellett mértani (térbeli) alakja, az elektronok atomok közötti megoszlása, a közös elektronpárok eltolódása és a molekulák elektronszerkezetének egyéb sajátosságai.

Izoméria. Minden anyagnak megvan a maga kémiai képlete. De előfordulhat-e, hogy egy képlet két vagy három anyagnak feleljen meg? A tudósok erre még a XIX. sz. közepén megerősítő választ adtak,

Butlerov pedig a szerves vegyületek szerkezetelméletére alapozva megmagyarázta az ilyen anyagok létezésének okát.

Ismeretes, hogy a dimetil-éternek és az etanolnak egyforma az összetétele, mindkét vegyület kémiai képlete: C_2H_6O. Azonban a vegyületek molekuláinak szerkezeti képletei különbözők:



dimetil-éter

etanol

Az atomok eltérő sorrendben kapcsolódnak egymáshoz ezekben a molekulákban. Ez okozza a vegyületek különböző fizikai és kémiai tulajdonságait. A dimetil-éter közönséges körülmények között gáz, a vegyület forráspontja: –23,7 °C. Az etanol ugyanakkor folyadék, amelynek +78,3 °C a forráspontja. Az éter nem lép kölcsönhatásba a nátriummal, miközben az etilalkohol meglehetősen intenzíven reagál ezzel a fémmel:

$$2C_2H_5OH + 2Na \rightarrow 2C_2H_5ONa + H_2\uparrow.$$

Az azonos összetételű, de különböző szerkezetű molekulájú vegyületeket *izomereknek*, az ilyen vegyületek létezésével kapcsolatos jelenséget *izomériának* nevezzük.

Az atomok molekulákban lévő különböző sorrendje és a bennük lévő többszörös kötések helyzete által előidézett izomériát *szerkezetinek*, míg az atomok különböző térbeli helyzetével kapcsolatos izomériát *térbelinek* nevezzük.

Az izoméria jelenségét 1823-ban fedezte fel Justus Liebig német vegyész. Az izoméria az egyik oka a szerves vegyületek nagy számának és változatosságának.

Hamarosan megtanuljátok, hogyan lehet előre jelezni az izomerek létezését, meghatározni a számukat, megszerkeszteni molekuláik szerkezeti képleteit és megnevezni a vegyületeket.

ÖSSZEGEZÉS

Az elmélet – a tények, objektumok, jelenségek közötti viszonyt és kapcsolatokat tükröző általánosító tételek halmaza a tudományban.

A szerves vegyületek szerkezetelméletének megalkotása fontos szakasz volt a kémia fejlődésében. Az elmélet szerint az atomok meghatározott sorrendben kapcsolódnak egymáshoz a molekulában, kölcsönhatnak egymással, s az anyagok tulajdonságai a molekulaszerkezetüktől függ.

A szerves anyagok szerkezetelmélete lehetővé tette sok szerves vegyület tulajdonságainak a megmagyarázását, új anyagok előállításának az előrejelzését.

Az azonos molekula-összetételű és -szerkezetű vegyületeket izomereknek, az ilyen vegyületek létezésével kapcsolatos jelenséget pedig izomériának nevezzük.

?

9. Mi az elmélet, és hogyan jön létre? Hogyan ellenőrzik az elméletek helytállóságát?
10. Milyen tudományos felfedezések járultak hozzá a szerves anyagok szerkezetelméletének létrejöttéhez?
11. Fogalmazzátok meg a szerves anyagok szerkezetelméletének fő tételeit!
12. Az interneten vagy egyéb forrásokban található információk alapján jellemezzétek röviden a paragrafus anyagában említett tudósokat!
13. Milyen vegyületeket nevezünk izomereknek?
14. Válasszatok ki néhány szóösszetételt a következő mondat helyes befejezéséhez: „Annak érdekében, hogy le lehessen írni a szerves anyag molekulájának szerkezetét, ismerni kell…”:

    a) molekula-összetételét;
    b) az atomkapcsolódások sorrendjét a molekulában;

c) az atomok térbeli helyzetét;

d) az anyag olvadás- és forráspontját;

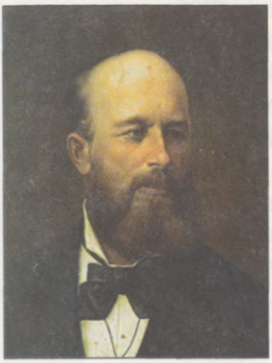
e) az anyag kémiai tulajdonságait;

f) az atomok elektronegativitását.

15. Jellemezzétek a kémiai kötéseket a dimetil-éter és az etanol izomerek molekuláiban. Milyen atomok közötti kötés a legpolárosabb mindegyik molekulában?

KÍVÁNCSIAKNAK

A. M. Butlerov élete és munkássága



Alekszandr Mihajlovics Butlerov (1828–1886)

Alekszandr Mihajlovics Butlerov 1828 szeptemberében született Csisztopol városban (Kazanyi Kormányzóság). Gyermekkorában a leendő tudós francia és német nyelvet tanult, majd a Kazanyi Magániskolában folytatott tanulmányai során érdeklődése a kémiai kísérletezés felé fordult. Érdekelték a növények, rovarok és a zene. A magániskola után Butlerov gimnáziumban folytatta a tanulmányait. Nagyon jól tanult, különösen a természetismereti tantárgyak érdekelték.

Butlerov 1844-ben beiratkozott a Kazanyi Egyetem fizika-matematika karának természettudományi tagozatára, kezdetben szabad hallgatóként, mivel még fiatalkorú volt, majd egy év múlva tényleges diákként folytatta tanulmányait. Az egyetemen nem mindennapi tehetségről tett tanúbizonyságot, alaposan felkészült a kémiai kísérletek folytatására, még otthon is ezzel foglalkozott, mert nagyon érdekelték a kémia új tudományos elméletei. Mivel érdekelte a természet, nagy gyűjteményt szedett össze lepkékből. A diplomamunkáját nem kémiából írta, mivel a tudományos témavezetője Szentpétervárra távozott, hanem biológiából, a Volga-Ural vidék állatvilágát dolgozta fel. A Kazanyi Egyetem elvégzése után ugyanott kezdett el dolgozni előadóként.

Butlerov 1851-ben megvédte magiszteri disszertációját, amelynek témája a szerves anyagok oxidációja volt. Munkájában rendszerezte az akkor ismert megfelelő reakciók adatait, és felvázolta a kémia fejlődésének távlatait. 1854-ben már a Moszkvai Egyetemen védi meg doktori disszertációját *Az éterolajokról* címmel. Ezeket a vegyületeket a tudós az orosz flóra növényeiből nyerte ki.

1857-ben Butlerov a Kazanyi Egyetem vegyészprofesszora lett, majd rövidesen tanulmányútra Nyugat-Európába utazott, ahol ismert kémikusok által vezetett kémiai laboratóriumokban dolgozott.

Kazanyba való visszatérését követően a tudós jelentős sikereket ért el a szerves szintézis területén. Sok olyan reakciót vizsgált, amelyek szerves vegyületek részvételével zajlottak, és elsőként állított elő $C_6H_{12}O_6$ képletű cukorszerű anyagot.

Butlerov úgy vélte, a molekulákban az atomok hatással vannak egymásra. Meg volt győződve róla, hogy a molekulaszerkezet ismerete nélkül nem jelezhetők előre az anyagok tulajdonságai. Fontos elveket és érdekes gondolatokat fejtett ki előadásai során, amelyeknek a gyűjteményét 1859-ben nyomtatásban is megjelentették.

1861-ben a tudós előadást tartott a természetkutatók és orvosok kongresszusán Spaer német városban, ahol megfogalmazta az anyag kémiai szerkezetéről szóló saját elméletének alaptételeit. Azt állította: „Az összetett részecske kémiai természetét az elemi alkotórészek természete, mennyisége és kémiai szerkezet határozza meg." A számunkra megszokottabb terminológia nyelvén ez annyit jelent, hogy a molekulák kémiai tulajdonságait az összetevő atomok tulajdonságai, mennyisége és a molekula kémiai szerkezete határozza meg.

Az 1862–1863-as tanévben a Kazanyi Egyetem diákjai elsőként értesülhettek Butlerov előadásán arról, hogy „a kémiai szerkezet szempontjából minden test esetében csak egy racionális képlet létezhet, amely kifejezi annak szerkezetét. A kémiai szerkezettől függnek a reakciók, azaz ennek a viszonynak az ismeretében, és képlettel ábrázolva a szerkezetet, kifejezhetjük mindazokat az átalakulásokat, amelyeken az anyag átmehet." A tudós elmélete képezte a „Bevezetés a szerves kémia teljes körű tanulásába" című könyvének alapját. Ezt a kötetet több európai nyelvre lefordították.



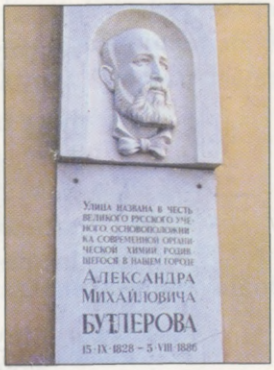
1. ábr
Butlerov szobra Kazanyban

A kémiai szerkezetelmélet alapján Butlerovnak sikerült megmagyaráznia és kísérleti úton megerősítenie az izméria jelenségét.

Dmitrij Ivanovics Mengyelejev az egyik legmeghatározóbb orosz tudósnak tartotta Butlerovot. A javaslata alapján 1868-ban Butlerovot a Szent Pétervári Egyetem szerves kémiai tanszékének professzorává választották. Később a tudós a Szentpétervári Tudományos Akadémia tagja lett.

Butlerov az orosz vegyésziskola alapítója. A vezetésével olyan ismert tudósok dolgoztak, mint V. V. Makarovnyikov, O. M. Zajcev, O. N. Popov, O. J. Favorszkij.

Butlerov tiszteletére szobrot állítottak Kazany városában (1. ábra), utcát neveztek el róla ugyanott (2. ábra), ugyancsak utcák viselik a nevét Moszkvában, Szentpéterváron, Kijevben.



2. ábra.
Emléktábla Kazany Butlerov utcájában

3. Kémiai kötés a szerves vegyületekben

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- megtudjátok, a kémiai kötések milyen típusai valósulnak meg a szerves vegyületekben;
- megismerjétek a kovalens kötés fő jellemzőit.

Kémiai tanulmányaitok során már megismerkedtetek az ion-, kovalens, hidrogén- és fémes kötésekkel. Az első három kötéstípus a szerves vegyületekben fordul elő. Köztük legelterjedtebb a kovalens kötés, mivel majdnem mindegyik szerves vegyület molekulákból áll, s az atomjaik ilyen kötéssel kapcsolódnak egymáshoz.

Kovalens kötés. Az ilyen típusú kötés két atom között jön létre egy vagy több közös, párosítatlan elektronokból képződő elektronpárnak köszönhetően. A kovalens kötést az alapján jellemzik, hogy

hányszoros, milyen a hosszúsága, irányultsága, polaritása, a párosítatlan elektronokat tartalmazó elektronpályáinak az átfedése.

Többszörös kovalens kötés. Mint ismeretes, azt, hogy hányszoros a kovalens kötés, az atomok közötti közös elektronpárok száma határozza meg. A szerves vegyületekben a szénatom négy vegyértékű. A szénatom képezhet egyszeres, egy vagy két kettős és hármas kötést.

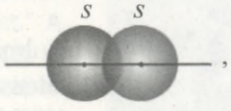
▶ Milyen kötést képez a hidrogénatom és az oxigénatom más atomokkal?

Az elektronpályák átfedése kovalens kötés létrejöttekor. A közös elektronpár kialakulását a párosítatlan elektronokat tartalmazó elektronpályák átfedése előzi meg. Az átfedés két típusa ismeretes:

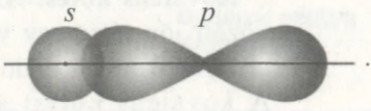
1. Közös szakasz alakul ki az elektronpályák érintkezési helyen, amelyet átmetsz az atomok középpontját összekötő vonal. Az ilyen kovalens kötést σ-*kötésnek* nevezzük.

2. Két közös szakasz képződik az elektronpályák érintkezési helyén, amelyek egymással szimmetrikusan helyezkednek el az említett vonal két oldalán. Az ilyen kovalens kötés neve: π-*kötés*.

Két *s*-pálya átfedése a hidrogénmolekulában H_2 fordul elő

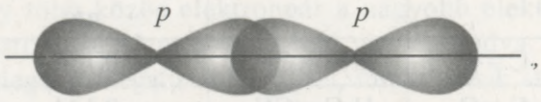


az *s*-pályák és *p*-pályák a hidrogén-klorid HCl molekulájában:

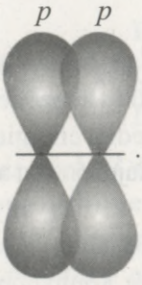


Az atomok ezekben a molekulákban egyszeres kötésekkel – σ-kötésekkel – kapcsolódnak egymáshoz.

Az oxigén-molekulában O_2 kettős kötés van. Két oxigén-atom *p*-pályái π-kötést képezve metszik egymást:



a másik két *p*-pálya másként, π-kötést alkotva keresztezi egymást:



A szénatomok elektronpályáinak átfedése a szerves vegyületek molekuláiban a lényeget tekintve ugyanilyen. Ezzel kapcsolatos kisebb pontosítások a következő paragrafusban lesznek olvashatók.

Tehát az egyszeres kötés mindig σ-kötés, a kettős kötés σ- és π-kötésekből áll. Hozzátesszük, hogy a hármas kötés egy σ-kötésből és két π-kötésből áll.

A kovalens kötést jellemezve az „elektronsűrűség" fogalmat is használják. Ennek a lényege az elektronnak a tér különböző helyein való előfordulási valószínűségével kapcsolatos. Nyilvánvaló, hogy az elektronpályák átfedési helyein a legnagyobb az elektronsűrűség.

A kovalens kötés hossza. Az egymáshoz kapcsolódó atomok középpontjai közötti távolságot a kovalens kötés hosszának nevezzük. Ahhoz, hogy π-kötés képződjön, az atomoknak közelebb kell kerülniük egymáshoz, mint σ-kötés kialakulásakor. Ezért a kettős kötés rövidebb, mint az egyszeres (1. tábl.). A hármas kötés hossza még ennél is kisebb.

1. táblázat

A szénatomok közötti kapcsolatok sajátosságai egyes molekulákban

Kötés	Molekula	A kötés hossza, nm	A kötés energiája, kJ/mol
C – C	$H_3C - CH_3$	0,154	331
C = C	$H_2C = CH_2$	0,134	592
C ≡ C	HC ≡ CH	0,120	814

A kötés energiája. Ismeretes, hogy kémiai kötés képződésekor energia szabadul fel, a hasadásakor pedig energia nyelődik el. A kovalens kötés energiájaként azt az energiamennyiséget fogadják el, amely $6 \cdot 10^{23}$ (vagyis 1 mol) atomok közötti kötés felhasításához szükséges. Érthető, hogy egy közös elektronpár könnyebben szétválasztható, mint kettő, két páré könnyebb, mint háromé. Ezért a C–C kötésnek van a legkisebb energiája, a C=C kötésé nagyobb, a C≡C kötésé pedig a legnagyobb (1. tábl.).

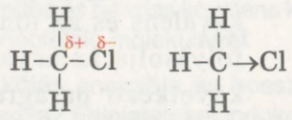
Ugyanilyen következtetés vonható le a C–O és C=O kötésekkel kapcsolatban is.

Bebizonyítjuk, hogy a σ-kötés és a π-kötés energiája eltérő. Az 592 kJ/mol energiájú C=C kettős kötés 331 kJ/mol energiájú σ-kötésből és π-kötésből áll. Ebből a π-kötés energiája: 592 – 331 = 261 kJ/mol.

Most kiszámítjuk a C≡C hármas kötés energiáját. Mivel ez egy σ-kötésből és két π-kötésből áll, az energiája: $331 + 2 \cdot 261 = 853$ kJ/mol. Az 1. táblázatban feltüntetett mennyiség valamivel kisebb az általunk kapottnál. Az elvégzett számítás leegyszerűsített, mivel figyelmen kívül hagyja például azt, hogy a kovalens kötés energiája függ az összekapcsolt atomok atomi környezetétől.

Rendszerint minél kisebb a kovalens kötés hossza, annál nagyobb az energiája.

A kovalens kötés polaritása. A kovalens kötésnek ez a tulajdonsága az atomok elektronegativitásával kapcsolatos. Az egyforma atomok közötti kapcsolat nem poláros, míg a különböző atomok közötti kapcsolat általában poláros. Az utóbbi esetben egy vagy több közös elektronpár a nagyobb elektronegativitású elem atomja felé van eltolódva. Ez részlegesen negatív töltést (δ–), míg a másik atom részlegesen pozitív töltést (δ+) kap. Az elektronpár eltolódásának irányát, vagyis az elektronsűrűséget nyíllal jelölik:



A kovalens kötés térbeli irányultsága. A kovalens kötés iránya egybeesik az atomok középpontjait összekötő egyenessel. Ez az egyenes metszi a σ-kötést létrehozó elektronok pályáinak közös szakaszát.

Ha az atom több σ-kötést képez, akkor a megfelelő elektronpályák a térben bizonyos szögekben irányulnak egymás felé. A kénhidrogén H_2S molekulájában például két egyszeres kötés van. Ezeket a kénatom *p*-pályáján található két párosítatlan elektronpár hozza létre. Ez a típusú elektronpálya a koordináta-tengelyek mentén helyezkedik el. Az ilyen térbeli irányultság meghatározza a hidrogénatomok kénatomhoz viszonyított helyzetét:



A szénatomok részvételével képzett kémiai kötések irányultságáról a következő paragrafusban lesz szó.

Ionkötés. Nagyon kevés olyan szerves vegyület van, amely ionokból áll. Ezek főként sók. Egy részüket karbonsavak képezik. Két ilyen só képlete: CH_3COONH_4, $(HCOO)_2Ca$.

Mint már tudjátok, ionkötéssel ellenkező töltéssel rendelkező ionok kapcsolódnak egymáshoz. Az ionkötés elég erős.

Hidrogénkötés. A kémiai kötésnek ez a típusa olyan molekulák közt jön létre, amelyekben a hidrogénatomok a legnagyobb elektronegativitású elemek (fluor, oxigén, nitrogén) atomjaival kapcsolódnak. Azt is tudjátok, hogy hidrogénkötés van a víz, alkohol, ecetsav molekulái és a víz, valamint a megnevezett vegyületek vizes oldatban lévő molekulái között. Annak ellenére, hogy a hidrogénkötés jóval gyengébb, mint a kovalens és az ionkötés, jelentős mértékben befolyásolja az anyagok fizikai tulajdonságait. A következő paragrafusokban megvizsgáljuk az alkoholokban, karbonsavakban és más szerves vegyületekben lévő hidrogénkötést. Rámutatunk a hidrogénkötés szerepének fontosságára a fehérje- és nukleinsav-molekulák speciális szerkezetének alakítását illetően.

ÖSSZEGEZÉS

A szerves vegyületekre a kovalens kötés jellemző. A kovalens kötés a különböző atomok párosítatlan elektronjainak közös elektronpárba történő egyesülése révén jön létre.

A kovalens kötést meghatározott energia, hossz, irányultság, polaritás, az atomok párosítatlan elektronokat tartalmazó pályáinak átfedési módja és az jellemzi, hogy hányszoros.

Az egyszeres kötés σ-kötés, a kettős kötés σ- és π-kötésekből, a hármas kötés egy σ-kötésből és két π-kötésből áll. A σ-kötés erősebb, mint a π-kötés. Az egyszeres kötés a leghosszabb, a hármas kötés a legrövidebb.

Az ionkötés a szerves sókban, a hidrogénkötés pedig az alkoholokban, karbonsavakban képződik.

?

16. Magyarázzátok el, hogyan képződik a kovalens kötés az atomok között!
17. Nevezzétek meg a kovalens kötés fő jellemzőit!
18. Jellemezzétek az egyszeres, kettős és hármas kovalens kötést, mondjatok példákat szerves vegyületek megfelelő molekuláira!
19. Hogyan változik a kovalens kötés energiája és hossza az egyszeres kötéstől a többszörös felé haladva? Feleleteteket indokoljátok meg!
20. Határozzátok meg, mennyivel növeli a C≡C hármas kötés energiáját két π-kötés a C_2H_2 molekulában? Használjátok fel az 1. táblázat adatait!
21. Melyik kötés polaritása a legnagyobb, és melyiké a legkisebb: C–Cl, C–O, C–F, C–S?
22. A felsorolt vegyületek közül válasszátok ki azokat, amelyekben ionkötés van: klór-metán, hidrogén-klorid, kalcium-klorid, ecetsav, nátrium-acetát, etanol!
23. Miben különbözik a hidrogénkötés a kovalens kötéstől? Ábrázoljátok pontokkal a lehetséges hidrogénkötéseket a víz és metanol molekulái között!

2. rész

Szénhidrogének

Ebben a részben a szénhidrogénekről, azaz a szén hidrogénnel alkotott vegyületeiről lesz szó. Bolygónkon nagyon sok ilyen vegyület létezik, megtalálhatók a kőolajban és a földgázban.

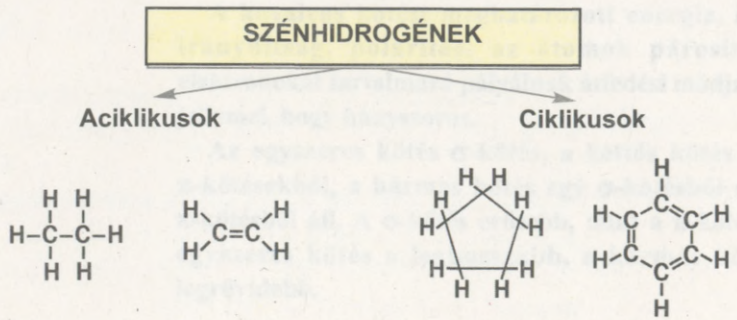
A szénhidrogének a szerves kémia alapját képezik. A kémiának ezt az ágát úgy is meg szokták határozni, hogy *a szerves kémia – a szénhidrogének és származékaik kémiája*. Származékoknak nevezzük a szénhidrogén-molekulák hidrogénatomjainak más elemek atomjaival vagy atomcsoportjaival (–OH, –COOH, $-NH_2$) való helyettesítése nyomán kapott termékeket.

Szénhidrogének C_nH_m

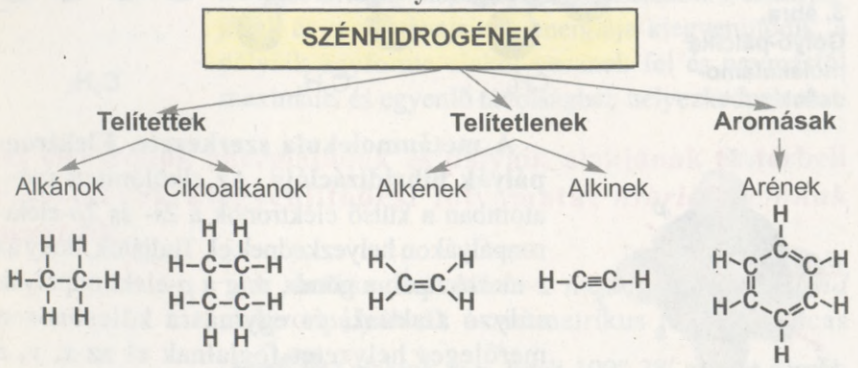
A szénhidrogének általános képlete: C_nH_m. A szénlánc szerkezetétől és a szénatomok közötti kötés tulajdonságaitól függően a szénhidrogéneket különböző csoportokba sorolják (3., 4. vázlat).

3. vázlat

A szénhidrogének szénláncszerkezet szerinti osztályozása



A szénhidrogének szénatomok közötti kötés tulajdonságai szerinti osztályozása



4. A szénhidrogének térszerkezete

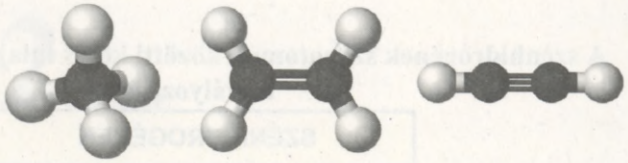
A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- felidézzétek egyes szénhidrogének térszerkezetét;
- elképzelést alkothassatok az atompályák hibridizációjáról;
- elmélyítsétek tudásotokat a σ-kötésről és π-kötésről;
- megismerjétek a molekula-konformációt.

A 9. osztályban részletesen tanultatok a legfontosabb szénhidrogénekről: a metánról CH_4, etilénről C_2H_4 (a másik neve: etén), acetilénről C_2H_2 (etin). A metánmolekulában minden atom csak egyes kötéssel kapcsolódik a másikhoz, az etilénmolekulában kettős kötés is van, míg az acetilénmolekulában hármas kötés található.

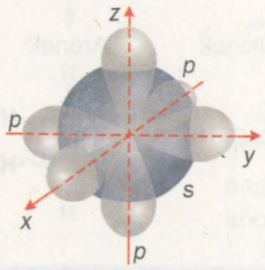
▶ Ábrázoljátok szerkezeti képletekkel a metán, etilén és acetilén molekuláit!

A metánmolekula tetraéder alakú, az etilénmolekulában minden atom egy síkban, az etilénmolekulában egy vonalban van (3. ábra).



CH_4 C_2H_4 C_2H_2

3. ábra. Golyó-pálcika molekulamodellek



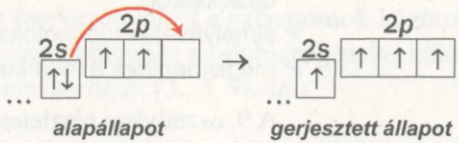
4. ábra. 2s-elektronpálya és három 2p-elektronpálya

A metánmolekula szerkezete. Elektronpályák hibridizációja. Az elkülönített szénatomban a külső elektronok a 2*s*- és 2*p*-elektronpályákon helyezkednek el. Tudjátok, hogy az *s*-elektronpálya gömb, míg a *p*-elektronpályák súlyzó alakúak, és egymásra kölcsönösen merőleges helyzetet foglalnak el az *x*, *y*, *z* tengelyek mentén (4. ábra).

A szerves vegyületekben a szénatom négy vegyértékű. Ennek előfeltétele, hogy az atom gerjesztett állapotba kerüljön. Annak következtében, hogy a 2s-elektron az üres 2p-elektronpályára helyeződik át, a külső energiaszint mind a négy elektronja párosítatlanná válik:

$$C \rightarrow C^*$$

$$...2s^2 2p^2 \rightarrow ...2s^1 2p^3$$



Az ilyen elmozdulásra elhasználódó energiát az az energia pótolja, amely akkor fejlődik, amikor a szénatom kovalens kötéseket képez.

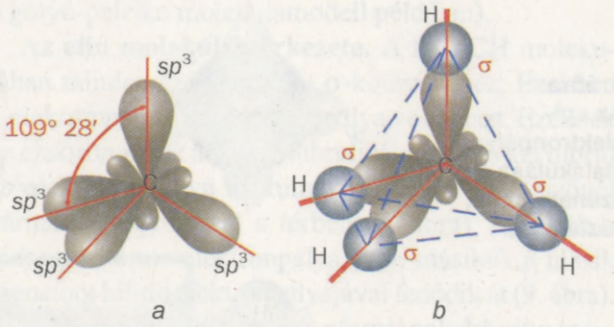
A metánmolekulában CH_4 a szénatomhoz négy hidrogénatom kapcsolódik. A C–H kötés képződésében a gerjesztett állapotban lévő szénatom négy párosítatlan elektronja – egy s-elektron és három *p*-elektron - vesz részt. A szénatom s-elektronjának részvételével kialakuló kovalens kötésnek különböznie kell a *p*-elektronok közreműködésével létrejövő kötésektől. Azonban a kutatók vizsgálatai kiderítették, hogy a metánmolekulában minden C–H kötés egyenértékű: mindegyik kötés

felhasításához ugyanolyan mennyiségű energia szükséges. Ez úgy lehetséges, ha a CH_4 molekula – atomokból történő – képződésekor a szénatom *s*-elektronjának és *p*-elektronjainak energiája kiegyenlítődik, a pályáik egyforma alakot vesznek fel és egymástól maximális és egyenlő távolságban helyezkednek el.

Az elektronok energiájának és pályáik alakjának és térbeli helyzetének kiegyenlítődési folyamatát *hibridizációnak* nevezzük.

A metánmolekulában a módosult vagy *hibrid* elektronpályáknak aszimmetrikus térbeli nyolcas () alakjuk van. Ezek 109° 28′ szöget zárnak be egymással a tetraéder középpontjából kiindulva a csúcsai felé (5. *a* ábra). Minden ilyen elektronpálya jelölése: sp^3, azaz a kiindulási pályák jeléből és számából áll. Ezt a hibridizációs típust sp^3-hibridizációnak nevezzük.

A metánmolekulában a szénatom négy sp^3-elektronpályája átfedi a hidrogénatomok *s*-elektronpályáit (5. *b* ábra). Ezért a metánmolekula tetraéder alakú, a középpontjában a szénatommal, a csúcsaiban pedig a hidrogénatomokkal.

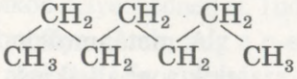


5. ábra. **A szénatom sp^3-elektronpályái (*a*) és a σ-kötések a metánmolekulában (*b*)**

A metánhomológok molekulaszerkezete. A kovalens kötések az etánmolekulában C_2H_6 a két szénatom sp^3-elektronpályájának egymással és a hidrogénatomok s-elektronpályáival való átfedése révén képződik.

▶ Rajzoljátok le a füzetetekbe az etánmolekula szerkezetét (az 5. *b* ábrát mintaként használva).

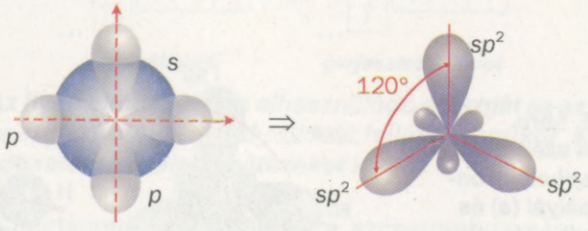
Más alkánok molekuláiban a szénatomok közötti kötések ugyancsak sp^3-elektronpályáik átfedése által képződnek. A szénláncuk ezért cikkcakkos, s a törtvonalak által bezárt szögek minden szakaszon 109°28':



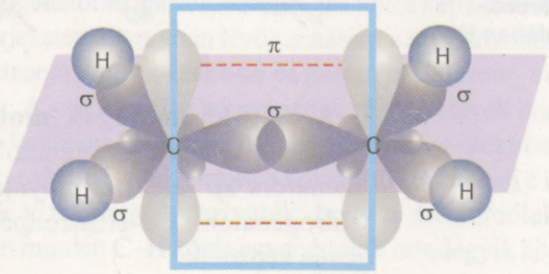
Érdekes tudnivaló
Az alkánok szerkezeti képleteit néha úgy ábrázolják, hogy csak a szénatomok közötti kötéseket tüntetik fel:


(propan)

Az etén molekula-szerkezete. A $H_2C{=}CH_2$ molekulában mindegyik szénatom a másik szénatommal és két-két hidrogénnel kapcsolódik. Az egy-egy elektront tartalmazó négy elektronpályája közül csak három – az *s*-elektronpálya és két *p*-elektronpálya – hibridizálódik (6. ábra). A képződő három sp^2-elektronpálya közötti szög 120°. Közülük egy a másik szénatom ugyanolyan elektronpályájával fedődik át, míg kettő – a két hidrogénatom *s*-elektronpályáival (7. ábra). Ezek között az atomok között σ-kötések jönnek létre.



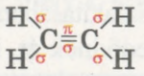
6. ábra. **Az sp^2-elektronpálya kialakulása a szénatomban, vázlatosan**



7. ábra. **Kötések az eténmolekulában**

Minden szénatom harmadik *p*-elektronpályája változatlan marad. Az ilyen elektronpályák merőlegesen helyezkednek el a hibrid elektronpályákhoz viszonyítva, és két helyen – a szénatomok középpontját összekötő vonal alatt és fölött – alkotnak átfedést (7. ábra). Ennek következtében ezen atomok között még π-kötés is kialakul.

Vagyis az eténmolekulában a kettős kötés σ-kötésből és π-kötésből áll:



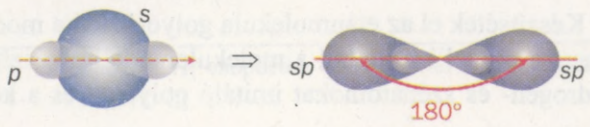
Az eténmolekula minden atomjának középpontja egy síkban van.

Az eténmolekulában a szénatomok középpontjai közötti távolság kisebb, mint az etánmolekulában (a π-kötés mintha „összehúzná" az atomokat).

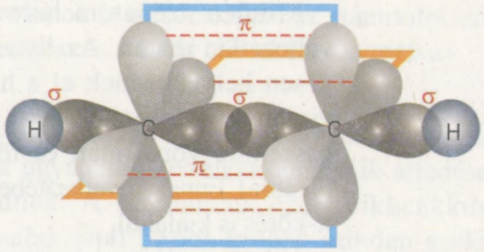
▶ Hasonlítsátok össze a szénatomok közötti kötések energiáját és hosszát az etán és az etén molekuláiban, az 1. táblázatban feltüntetett adatok alapján!

A π-kötés körül nem foroghat a CH_2 atomcsoport (ebben különbözik az etánmolekula C_2H_6 szénatomjai közötti σ-kötéstől). Erről magunk is meggyőződhetünk a golyó-pálcika molekulamodell példáján).

Az etin molekulaszerkezete. A HC≡CH molekulában minden szénatom két σ-kötést képez. Ezekben *s*-elektronpálya és *p*-elektronpálya vesz részt. Ezeknek az elektronoknak a pályái hibridizálódnak és két hibrid *sp*-elektronpályává alakulnak, amelyek 180° szöget zárnak be egymással a térben (8. ábra). Egyikük a hidrogénatom *s*-elektronpályájával, másikuk a másik szénatom hibrid elektronpályájával fedődik át (9. ábra). A C_2H_2 molekula minden atomjának középpontja egyenes vonalban helyezkedik el.



8. ábra.
Az *sp*-elektronpálya kialakulása a szénatomban, vázlatosan



9. ábra.
Kötések az etinmolekulában

A szénatom másik két *p*-elektronja két π-kötés kialakításában vesz részt. A *p*-elektronpályáik párosával fedődnek át. Pályáik átfedési helyei kívül vannak az atomok középpontjait összekötő vonalon.

Vagyis az etinmolekula hármas kötése egy σ-kötésből és két π-kötésből áll:

$$H-C\overset{\pi}{\underset{\pi}{\equiv}}C-H$$

Az eddig leírtakból levonható a következtetés, amely szerint *a szénatom elektronpályáinak hibridizációtípusa meghatározza a szénhidrogén-molekula térbeli szerkezetét.*

Molekula-konformációk. Az atomcsoportok az eténmolekulában és más szénhidrogének molekuláiban foroghatnak az egyszeres kötések (σ-kötések) körül. Az ilyen molekulák állandóan változtatják alakjukat, eközben az elektronpályák közötti szögek és a kötések hosszai változatlanok maradnak.

Azt a térbeli alakzatot, amelyet a molekula bármely atomcsoport σ-kötés körüli forgása során vesz fel, *konformációnak* nevezzük.

---

1. SZ. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET

Az etánmolekula konformációja

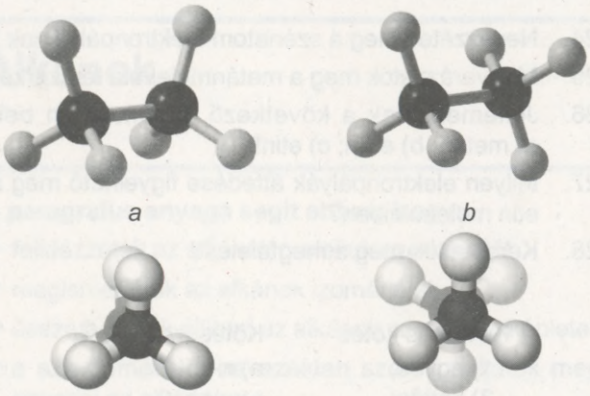
Készítsétek el az etánmolekula golyó-pálcika modelljét. Válogassátok össze a modellkészletből a molekulamodell elkészítéséhez szükséges, a hidrogén- és szénatomokat imitáló golyókat és a kötéseket helyettesítő

pálcikákat vagy csövecskéket. A modell készítése során vegyétek figyelembe, hogy az etánmolekulában a szén- és hidrogénatomok középpontjait összekötő vonalak közötti valamennyi szög értéke 109° 28'.

Tegyétek a molekulamodellt magatok elé oly módon, hogy egyik szénatom takarja a másikat, majd lassan forgassátok az egyik CH_3 atomcsoportot az egyszeres kötés körül.

Rögzítsétek az etánmolekulát két alakzatban: a különböző CH_3 csoportok hidrogénatomjai közötti minimális és maximális távolsággal. Ezeket az alakzatokat határkonformációknak nevezzük. Véleményetek szerint, közülük melyik a legmegfelelőbb, azaz melyik felel meg a legkisebb energiaértéknek?

Az etánmolekula határkonformációinak modelljei a 10. ábrán láthatók. Az a konformáció esetében a különböző CH_3 csoportok hidrogénatomjai közötti távolság a lehető legkisebb. Ezek az atomok kölcsönösen taszítják[1] egymást, mivel azonos (pozitív) a töltésük. Az ilyen konformációnak legnagyobb az energiája. Ezt a konformációt *árnyékoltnak* nevezzük (10. *a* ábra). A molekula ebből az állapotból igyekszik alacsonyabb energiaállapotba, azaz *b* konformációba átkerülni. Ebben a hidrogénatomok, lévén a lehető legnagyobb távolságban egymástól, a legkisebb mértékben taszítják egymást. Ezt a konformációt



10. ábra.
Az etánmolekula határkonformációinak golyópálcika modelljei: *a* – árnyékolt; *b* – fékezett (alul – a modellek mindegyike a CH_3 csoport felől nézve)

[1] Taszítják egymást a különböző CH_3 csoportok C–H kémiai kötések elektronpárjai is.

fékezettnek nevezzük (10. *b* ábra). Az etánmolekula leggyakrabban ebben az állapotban található.

A ciklikus telített szénhidrogének konformációiról a 7. paragrafusban lesz szó.

ÖSSZEGEZÉS

A molekulák térszerkezetének magyarázata céljából az elektronpályák hibridizációjának fogalmát használják. A hibridizáció – az elektronok energiájának és pályáik alakjának és térbeli helyzetének kiegyenlítődési folyamata.

A hibridizáció három típusát különböztetjük meg: sp^3, sp^2, sp.

Azt a térbeli alakzatot, amelyet a molekula bármely atomcsoport σ-kötés körüli forgása során vesz fel, *konformációnak* nevezzük. Az etánmolekula esetében két határkonformáció létezik: fékezett (legstabilabb) és árnyékolt (leginstabilabb). A fékezett konformációban minimális a különböző CH_3 csoportok hidrogénatomjainak kölcsönös taszítása.

?

24. Nevezzétek meg a szénatom elektronpályáinak hibridizáció-típusait!
25. Magyarázzátok meg a metánmolekula térszerkezetét!
26. Jellemezzétek a következő molekulákon belüli kémiai kötéseket: a) metán; b) etén; c) etin!
27. Milyen elektronpályák átfedése figyelhető meg a metán, etán, etén és etin molekuláiban?
28. Keressétek meg a megfelelést!

Kovalens kötés	Kötésösszetevők
1) egyes;	a) π-kötés;
2) kettős;	b) σ-kötés;
3) hármas;	c) σ-kötés és két π-kötés;
	d) két σ-kötés és π-kötés;
	e) σ-kötés és π-kötés.

29. Keressétek meg a megfelelést!

Molekulaképlet	A σ-kötések száma a molekulában	A szénatom hibridizációtípusa
1) CH_4;	a) kettő;	a) *sp*;
2) $C2H_4$;	b) három;	b) sp^2;
3) C_2H_2;	c) négy;	c) sp^3;
	d) öt;	d) nincs hibridizáció.
	e) hat;	

30. Foroghatnak-e a molekulában az atomcsoportok a kovalens kötés körül? Attól függ-e a válasz, hogy milyen – egyes, kettős, hármas – a kötés? Adjatok erre magyarázatot!

31. Jellemezzétek az etánmolekula konformációját!

Telített szénhidrogének

***Telítetteknek* nevezzük azokat a szénhidrogéneket, amelyek atomjaiban a szénatomok csak egyszeres kovalens kötésekkel kapcsolódnak egymáshoz.**

A telített szénhidrogéneket alkánokra és cikloalkánokra osztják.

5. Alkánok

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- felidézzétek az alkánok molekulaszerkezetét;
- megismerjétek az alkánok izomériáját;
- össze tudjátok állítani az alkánok szerkezeti képleteit;
- a szisztematikus nevezéktan szerint tudjátok megnevezni az alkánokat.

Molekula-összetétel. Már tudjátok, hogy a legegyszerűbb szénhidrát a metán CH_4 (11. ábra).

Azokat a telített szénhidrogéneket, amelyeknek nyílt szénláncú molekuláik vannak, *alkánoknak* nevezzük.

Alkánok
C_nH_{2n+2}

Az alkánok általános képlete: C_nH_{2n+2} ($n = 1, 2, \ldots$). Ezeknek a szénhidrátoknak a molekuláiban a szénatom sp^3-hibridizáció állapotában van, s a szomszédos atomok középpontjait összekötő vonalak közötti szög 109° 28'.

A CH_4, C_2H_6, C_3H_8 és más analóg szénhidrogének az alkánok homológ sorát képezik. Tudjátok, hogy a homológ sor – hasonló molekulaszerkezetű, egy vagy több CH_2 atomcsoporttal különböző szerves vegyületek sora. A homológ sor nevét legtöbbször a kezdő vegyület neve adja. A C_2H_6, C_3H_8 és más vegyületek a metán homológ sorába tartoznak.



11. ábra. A metánmolekula modellje

Izoméria. Szinte minden alkán esetében léteznek izomerek, a metán, etán és propán kivételével. Az izomer alkánmolekulák a szénatomok kapcsolódásában különböznek egymástól. Tudjátok, hogy ezt a fajta izomériát szerkezetinek nevezzük.

Kiderítjük, hány C_4H_{10} képletű izomer létezik.

---

2. SZ. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET

A C_4H_{10} molekula golyó-pálcika modelljének elkészítése

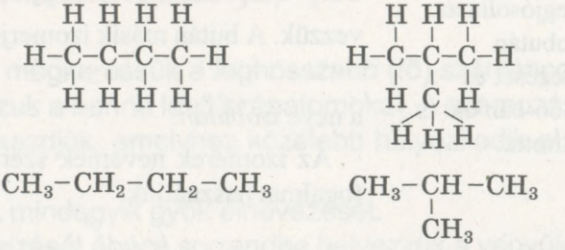
A molekulák modellkészletének segítségével összeállítjuk a szénláncot oly módon, hogy egymáshoz viszonyított meghatározott szögben összekapcsolunk négy szénatomot.

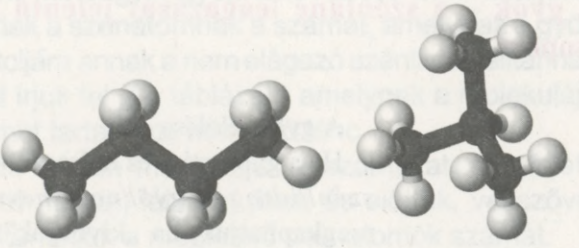
Lehetséges-e ezeknek az atomoknak más módokon történő összekapcsolása? Ha igen, akkor végezzétek el a készletben lévő golyók és pálcikák felhasználásával!

Minden szénatomhoz csak a megfelelő számú hidrogénatomot kapcsoljátok!

Ellenőrizzétek az elkészült molekulamodelleken, hogy foroghatnak-e a különböző atomcsoportok a σ-kötések körül!

Két nem elágazó és elágazó szénláncú C_4H_{10} izomer alkán molekulamodelljét készítettétek el (12. ábra). Ezeknek a molekuláknak a szerkezeti modelljei és rövidített változatai a következők:





12. ábra.
A C_4H_{10} izomer alkánok golyó-pálcika modelljei

Az izomerek nem annyira a molekulaszerkezetükben, mint inkább a tulajdonságaikban különböznek egymástól. A nem elágazó szénláncú bután forráspontja –0,5 °C, az elágazó molekulájú izomerjéé pedig: –11,7 °C. Léteznek különbségek az izomerek kémiai tulajdonságait illetően is.

Az alkánmolekulák szénatomszámának növekedésével nő az izomerek száma. Például két C_4H_{10}, három C_5H_{12}, öt C_6H_{14}, kilenc C_7H_{16} alkán létezik, míg a $C_{10}H_{22}$ képletű izomerek száma eléri a 75-öt.

Nevezéktan. A XX. században kidolgozták a szerves vegyületek nevezéktanát. Ennek megfelelően minden alkán *–án* képzővel rendelkezik. A homológ sor első négy tagját hagyományos néven nevezik: met*án*, et*án*, prop*án*, but*án*.

A többi alkánt latin nyelvű számnévvel képezik, ami a molekulában lévő szénatomok mennyiségére: C_5H_{12} – pentán, C_6H_{14} – hexán, C_7H_{16} – heptán, C_8H_{18} – oktán, C_9H_{20} – nonán, $C_{10}H_{22}$ – dekán (5 – „penta", 6 – „hexa").

Érdekes tudnivaló

Butlerov megjósolta az izobután létezését és 1866-ban elő is állította.

Ha a molekula nem elágazó szénláncú, akkor az alkán elnevezése elé *n* betűt írnak. Például a $CH_3–CH_2–CH_2–CH_3$ vegyületet *n*-butánnak nevezzük. A bután másik izomerjének $CH_3–\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{CH}}–CH_3$ a neve *izobután*.

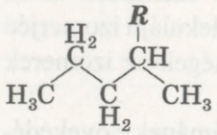
Az izomerek neveinek szerkesztése során a *gyök* fogalmat használjuk.

A gyök – a szénlánc leágazását jelentő atom vagy atomcsoport.

A gyök jelölése – ***R***.

Ha a gyöt szén- és hidrogénatomok képezik, akkor *szénhidrogén-gyöknek nevezzük*. A képletét megkaphatjuk, ha „kivonjuk" a hidrogénatomot a szénhidrogén képletéből. A gyök elnevezése a szénhidrogén elnevezéséből származik és *–il* képzővel alkotják:

Gyök



$CH_3–$ met*il*

$CH_3–CH_2–$ et*il*

$CH_3–CH_2–CH_2–$ prop*il*

Az említett gyökök gyűjtőneve: *alkilek*. Általános képletük $C_nH_{2n+1}–$.

Az izobután $CH_3–\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{CH}}–CH_3$ molekulájában a gyök a $CH_3–$ atomcsoport, míg a $CH_3–\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{CH}}–\underset{\displaystyle C_2H_5}{\overset{\displaystyle |}{CH}}–\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{CH}}–CH_3$

molekula három gyököt – C_2H_5– atomcsoportot és két CH_3– atomcsoportot – tartalmaz.

Létezik olyan szabály, amely alapján képezhető az elágazó szénláncú alkánok szisztematikus elnevezése.

Az elágazó szénláncú alkánok névképzési szabályai

1. A molekulában megkeressük a leghosszabb (fő) szénláncot, és megszámozzuk a benne lévő szánatomokat. A számozást attól a végétől kezdjük, amelyhez közelebb helyezkedik el a gyök (gyökök).
2. Meghatározzuk mindegyik gyök elnevezését.
3. A gyökök elnevezését ábécé sorrendbe helyezzük a vegyület nevének elején. Mindegyik gyök elnevezése előtt kötőjellel feltüntetjük annak a szénatomnak a számát, amelyhez a gyök kapcsolódik. Utoljára annak a nem elágazó szénláncú alkánnak az elnevezését írjuk fel ((2. táblázat), amelynek a molekulája annyi szénatomot tartalmaz, mint a fő lánc.
4. Azonos gyökök esetén megjelöljük a számukat, megfelelő képzővel (di-, tri-, tetra-) látva el őket, és előttük, vesszővel elválasztva, feltüntetjük a megfelelő szénatomok számát.

2. táblázat

Alkánok

Képlet	Elnevezés	
	kémiai	szerkezeti (rövidített)
Metán	CH_4	CH_4
Etán	C_2H_6	CH_3-CH_3
Propán	C_3H_8	$CH_3-CH_2-CH_3$
n-Bután	C_4H_{10}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$
n-Pentán	C_5H_{12}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
n- Hexán	C_6H_{14}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
n-Heptán	C_7H_{16}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
n-Oktán	C_8H_{18}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
n-Nonán	C_9H_{20}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
n-Dekán	$C_{10}H_{22}$	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

Az említett szabállyal összhangban az izobután

$$\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H(CH_3)-\overset{3}{C}H_3$$ szisztematikus elnevezése: 2-metil-

propán, a $$\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H(CH_3)-\overset{3}{C}H(C_2H_5)-\overset{4}{C}H(CH_3)-\overset{5}{C}H_3$$ szerkezeti-

képletű széndhidrogéné pedig – 3-etil-2,4-dimetil-pentán.

1. SZ. GYAKORLAT. Állítsátok össze a C_5H_{12} izomer alkánok molekulaszerkezeti képleteit, és nevezzétek meg a vegyületeket!

Megoldás

Kiderítjük, milyen módokon kötődik egymáshoz az öt szénatom. A változatok száma megegyezik a C_5H_{12} izomer alkánok számával.

1. Nem elágazó láncba kapcsoljuk a szénatomokat:

$$C-C-C-C-C$$

Kiegészítjük hidrogénatomokkal, nem feledve, hogy a szén négy vegyértékkel rendelkezik:

$$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3.$$

A megfelelő alkán elnevezése: *n*-pentán.

2. A szénláncot elágazóvá tesszük oly módon, hogy az első szénatomot a sorrendben harmadikhoz kapcsoljuk:

$$C-C-C-C-C \Rightarrow C-C(C)-C-C.$$

Megkeressük a leghosszabb szénláncot. Ezt négy szénatom képezi. Megszámozzuk attól a végétől kezdve, amelyikhez közelebb van a gyök:

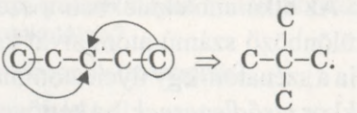
$$\overset{1}{C}-\overset{2}{C}(C)-\overset{3}{C}-\overset{4}{C}.$$

Kiegészítjük hidrogénatomokkal:

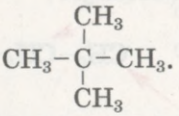
$$\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H(CH_3)-\overset{3}{C}H_2-\overset{4}{C}H_3.$$

Az alkán neve: 2-metilbután

3. Az utolsó izomer képlete úgy állítható elő, hogy a két szélső szánatomot a sorrendben harmadik szénatomhoz kapcsoljuk:



Az ilyen molekulában bármilyen szénlánc három atomot tartalmaz és két leágazása van a központi atomnál. Ebben az esetben nem kell megszámozni a szénatomokat. Kiegészítjük a képletet hidrogénatomokkal:



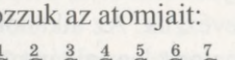
A vegyület neve: dimetilpropán.

Elvégezzük a fordított feladatot: neve alapján szerkesztjük meg a vegyület képletét.

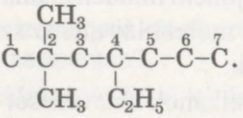
2. SZ. GYAKORLAT. A 4-etil-2,2-dimetilheptán elnevezésű alkán képletének megszerkesztése.

Megoldás

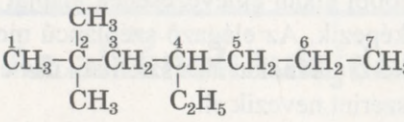
Leírjuk a hét szénatomból álló láncot (ennyi szénatom van az *n*-heptán molekulában) és megszámozzuk az atomjait:



A negyedik szénatomhoz C_2H_5- gyököt, a másodikhoz – két CH_3- gyököt kapcsolunk:

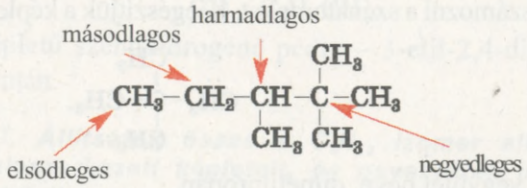


A fő szénlánc szénatomjait kiegészítjük a szükséges számú hidrogénatommal, és megkapjuk a következő alkán képletét:



A hidrogénatomokat halogénatomok – F, Cl, Br, I – helyettesíthetik. A megfelelő vegyületek példái: jódmetán CH_3I, dibrómmetán CH_2Br_2, 2-klórpropán $CH_3-\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}}-CH_3$.

Az alkánmolekulákban a szénatomok más elemek különböző számú atomjaival kapcsolódhatnak össze. Ha a szénatom egy ilyen atommal van összekapcsolva, akkor *elsődlegesnek*, ha kettővel – *másodlagosnak*, ha hárommal – *harmadlagosnak*, ha néggyel – *negyedlegesnek* nevezzük:



A nem elágazó szénlánc csak elsődleges (a végeken) és másodlagos szénatomokat tartalmaz.

ÖSSZEGEZÉS

A nyílt szénláncú, telített szénhidrogéneket alkánoknak nevezzük. Az alkánok általános képlete: C_nH_{2n+2}. A szénatomok az alkánmolekulákban sp^3-hibridizáció állapotában vannak, és egyszeres kovalens kötésekkel kapcsolódnak egymáshoz.

Majdnem minden alkánnak vannak izomerjei, ezeknek a molekulái eltérő szénláncszerkezettel rendelkeznek.

Az alkánok elnevezését *–an* végződéssel képezzük. A homológ sor első négy vegyületére a hagyományos elnevezést használjuk: metán, etán, propán, bután. A többi alkán elnevezésének alapját latin nevű számok képezik. Az elágazó szénláncú molekulákkal rendelkező alkánokat a szisztematikus nevezéktan szabályai szerint nevezik el.

?

32. A feltüntetett képletek között jelöljétek meg az alkánokat: CH_4, C_3H_6, C_6H_{12}, C_7H_{16}, C_8H_{18}!

33. A szénatom elektronpályáinak milyen típusú hibridizációja – sp^3, sp^2, sp – jellemző az alkánmolekulákra?

34. Milyen alkánoknak nincsenek izomerjeik?

35. Keressétek meg a megfelelést!

Molekulaképlet	Az alkán elnevezése
1) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$;	a) 2, 3-dimetilpentán;
2) $CH_3-CH(CH_3)-CH(CH_3)-CH(CH_3)-CH_3$;	b) *n*-hexán;
3) $CH_3-C(CH_3)(CH_3)-CH_2-CH_3$;	c) 2, 3, 4-trimetilheptán;
4) $CH_3-CH(CH_3)-CH(CH_2-CH_3)-CH_3$;	d) 2,2-dimetilpentán.

36. Szerkesszétek meg az alábbi elnevezésű alkánmolekulák szerkezeti képleteit:
    a) 3-metilhexán;
    b) 3,4-dietilheptán;
    c) 3-etil-2-metilheptán.

37. Ábrázoljátok valamennyi C_6H_{14} izomer alkánmolekula szerkezeti képletét, és nevezzétek meg a vegyületeket!

38. Szerkesszétek meg a C_8H_{18} izomer molekuláinak szerkezeti képleteit, amelyekben a fő szénlánc hat szénatomot tartalmaz!

39. Milyen szénhidrogének az izomerjei a következőknek: 3-etil-2-metilpentán; 2,2,3-trimetilpentán; 3,3-dietilpentán?

40. Számítsátok ki a bután sűrűségét (n. k. k.) és hidrogénhez viszonyított sűrűségét!

6. Az alkánok tulajdonságai

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- megértsétek az alkánok tulajdonságait;
- megismerjétek a helyettesítési reakció mechanizmusát;

Fizikai tulajdonságok. Azok az alkánok, amelyek molekulái kevés szénatomot tartalmaznak, közönséges körülmények[1] között gázok. Ilyen a metán, etán, propán, bután, izobután és dimetilpropán. A nem elágazó szénláncú, molekuláikban 5–16 szénatomot tartalmazó alkánok folyadékok, a többi – szilárd anyag. A szilárd halmazállapotú alkánok keveréke C_nH_{2n+2} ($n \geqslant 18$) a paraffin.

Az alkánok színtelenek, szilárd halmazállapotban fehérek. Szaguk csak a cseppfolyós alkánoknak van, ami a benzinére emlékeztet.

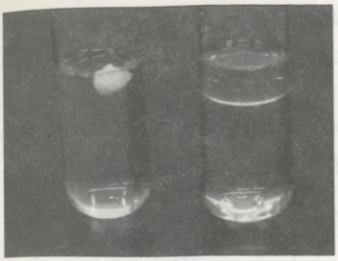
Az alkánok olvadás- és forráspontja molekuláik szénatomszámának növekedésével emelkedik. Normális nyomáson a metán CH_4 –182,5 és –161,6 °C-on, az *n*-bután C_4H_{10} – –138,3 és –0,5 °C-on, az *n*-oktán C_8H_{18} – –56,8 és +125,7 °C-on olvad és forr.

Az alkánok forráspontja molekulatömegüktől függ. Ennek magyarázata: minél nehezebb a molekula, annál több energiát kell közölni vele (azaz olyan hőmérsékletre kell melegíteni), hogy részecskék elhagyják a folyadékot (az anyag eközben gáznemű halmazállapotba megy át).

A nem elágazó szénláncú alkán sűrűsége rendszerint valamivel nagyobb szilárd és cseppfolyós halmazállapotban, mint elágazó molekulájú izomerjeié. Például a cseppfolyós n-pentán sűrűsége 0 °C-on 0,626 g/cm³, a 2-metilbutáné – 0,620 g/cm³. Ennek az a magyarázata, hogy a nem elágazó molekulák elhelyezkedése tömörebb a szilárd és cseppfolyós anyagokban, mint az elágazó molekuláké.

Az alkánok könnyebbek a víznél. Mivel az alkánmolekulák gyakorlatilag apolárosak, ezek a vegyületek jól oldódnak sok szerves oldószerben, de oldhatatlanok a vízben (13. ábra).

[1] Közönséges körülmények: +20 °C hőmérséklet és 760 Hgmm nyomás.



13. ábra. A paraffin és a hexán nem oldódik a vízben.

Kémiai tulajdonságok. Valamennyi alkán kémiailag passzív vegyület. Bizonyos feltételek mellett helyettesítési reakciókba lépnek, melegítésre elbomlanak. Az alkánok – éghető anyagok.

Reakciók halogénekkel. A szerves vegyület halogénnel való kölcsönhatását halogénezésnek nevezzük. A fluorral az alkánok robbanással reagálnak; eközben a C–C kötések felhasadnak és karbon-fluorid CF_4 és hidrogén-fluorid HF képződik. Az alkánok brómozása és klórozása fény mellett vagy melegítés (250 – 400 °C) hatására megy végbe, de a jóddal nem reagálnak.

A metán és a klór reakciója során – amivel már a 9. osztályban megismerkedtetek – a klóratomok lépcsőzetesen helyettesítik a hidrogénatomokat a szénhidrogén-molekulában. Először klór-metán képződik:

$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu \text{ vagy } t} CH_3Cl + HCl.$$

Ezt követően klóratommal helyettesítődik a metánmolekula második hidrogénatomja, majd a harmadik, végül a negyedik is[1].

▶ Írjátok le a megfelelő reakcióegyenleteket!

A klórozást gyakran ábrázolják a következő vázlattal:

$$\underset{\text{metán}}{CH_4} \xrightarrow[-HCl]{+Cl_2} \underset{\text{klór-metán}}{CH_3Cl} \xrightarrow[-HCl]{+Cl_2} \underset{\substack{\text{diklór-}\\\text{metán}}}{CH_2Cl_2} \xrightarrow[-HCl]{+Cl_2} \underset{\substack{\text{ttriklór-}\\\text{metán}}}{CHCl_3} \xrightarrow[-HCl]{+Cl_2} \underset{\substack{\text{tetraklór-}\\\text{metán}}}{CCl_4}.$$

Klór és metán reagáltatásával nem sikerülhet csak az egyik termék (klór-metán, diklór-metán, triklór-metán) előállítása; a reakcióelegyben mindig jelen van a metán több klórszármazéka.

[1] Az első hidrogénatom helyettesítése nehezebb, mint a következőké, mivel a metánmolekula szimmetrikus; egyenlően oszlik el benne az elektronfelhő (elektronsűrűség).

▶ Írjátok le azt a reakcióegyenletet, amelyben az etán és a klór egyenlő anyagmennyisége reagál egymással.

A propán klórozása során kezdetben a következő vegyületek egyvelege képződik

$$CH_3-CH_2-CH_2Cl \qquad CH_3-\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}}-CH_3.$$

1-klór-propán 2-klór-propán

Érdekes tudnivaló

A hidrogénatomok nem csak a metán, hanem az etán és propán molekuláiban is teljesen helyettesíthetők klóratomokkal.

Ebben a keverékben valamivel több 2-klór-propán van, mint 1-klór-propán. A másodlagos szénatomhoz kötődő hidrogénatom könnyebben helyettesítődik, mint az, amelyik az elsődleges szénatomhoz kötődik. Ugyanez jellemző a többi alkánra is[1]. Megjegyezzük, hogy legkönnyebben a harmadlagos szénatom melletti hidrogénatom helyettesítődik.

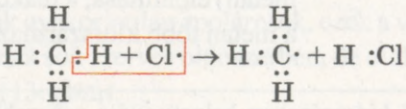
A klórozási reakció mechanizmusa. A kémiai reakció mechanizmusán a reagáló anyagok részecskéinek bizonyos sorrendben való átalakulásait értjük. A metán klórral való reakciójában három szakaszt különböztetnek meg.

1. szakasz. Fény vagy melegítés hatására a klórmolekulák atomokra esnek szét:

$$Cl:Cl \rightarrow Cl\cdot + \cdot Cl$$

A klóratom, a benne lévő párosítatlan elektronnak köszönhetően sokkal nagyobb kémiai aktivitást mutat, mint a klórmolekula Cl_2.

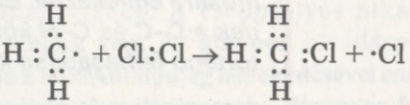
2. szakasz. A klóratom, a metánmolekulához CH_4 közelítve, felhasítja az egyik C–H kötést és a hidrogénatomhoz kapcsolódik. Ekkor HCl molekula és $\cdot CH_3$ képletű részecske képződik:



[1] Legkisebb kémiai aktivitást a metán mutat a helyettesítési reakciókban.

A párosítatlan elektronnal rendelkező és önálló létezésre képes részecskét *szabad gyöknek* nevezzük[1].

A $\cdot CH_3$ metilgyök a következő klórmolekulával reagál:



A klóratom helyettesíti a hidrogénatomot a következő CH_4 molekulában vagy a CH_3Cl molekulában. Az ekkor képződő új gyökök azonnal reakcióba lépnek az elegyben lévő más molekulákkal.

3. szakasz. A reakció leállhat, ha a reagáló anyagok valamelyike teljesen elfogy vagy ha mindegyik szabad gyök lekötődik. Ilyen egyesülési reakció:

$$\cdot CH_3 + Cl\cdot \rightarrow CH_3Cl$$

Azt a reakciót, amelyben az aktív részecske (szabad gyök) képződése a kiindulási anyag részecskéinek sok egymást követő átalakulását idézi elő, *láncreakciónak* nevezzük.

Mivel az alkánok klórozása során szabad gyökök képződnek, amelyek részt vesznek a kölcsönhatásokban, az ilyen reagálást *gyökös láncreakciónak* nevezzük. A reakció szakaszai következő elnevezést kapták: első szakasz – *láncreagálás kialakulása*, második szakasz – *láncreagálás fokozódása*, harmadik szakasz – *láncreagálás megszakadása*.

Oxidációs reakció. Az alkánok, ha meggyújtják őket, szén-dioxid és vízgőz képződésével égnek; eközben nagy mennyiségű hő képződik:

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O;\ \Delta H = -803\ \text{kJ}.$$

Ha nincs elég levegő, akkor a reakciótermékek közt megjelenik a szén-monoxid és a szén.

[1] A szabad gyökök nagyon rövid ideig léteznek, mivel rendkívül nagy az aktivitásuk.

▶ Írjátok le az etán égési reakcióját fölös mennyiségű oxigén jelenléte és oxigénhiány esetén!

Az alkán oxidációs reakciójának mechanizmusa a metán klórral való kölcsönhatásának mechanizmusára emlékeztet. Ekkor szabad gyökök képződnek a C–C és C–H kötések magas hőmérsékleten történő felhasadása következtében.

A metán és más gáznemű alkánok (és a cseppfolyós alkánok gőzei) levegővel való keveréke robbanásveszélyes. Ezért nagyon óvatosan kell bánni a háztartásokban a földgázzal mind fűtéskor, mind főzéskor. A robbanás már akkor is bekövetkezhet, amikor a levegő 5% térfogatrész metánt tartalmaz.

Bizonyos feltételek mellett az alkánok kölcsönhatásba lépnek az oxigénnel, és oxigéntartalmú szerves vegyületekké alakulnak. Az iparban a bután oxidálásával ecetsavat állítanak elő.

Az alkánok nem reagálnak olyan oxidálószerekkel, mint a kálium-permanganát, hidrogén-peroxid.

Termikus bomlás. Erős hevítés hatására, levegő (oxigén) hiányában, az alkánok elbomlanak. Ilyen reakciók során telített és telítetlen szénhidrogének, valamint hidrogén képződik:

$$CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3 \xrightarrow{t} CH_3{-}CH_3 + H_2C{=}CH_2;$$

$$2CH_4 \xrightarrow{1500\ °C} HC{\equiv}CH + 3H_2.$$

Izomerizáció. Bizonyos feltételek mellett a nem elágazó szénláncú alkánok elágazó szénláncú izomerekké alakulnak:

$$CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3 \xrightarrow{t,\ p,\ AlCl_3} CH_3{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}{-}CH_3.$$

n-bután izobután

Azokat a reakciókat, amelyekben a létrejövő anyagok izomerjei képződnek az atomcsoportok molekulán belüli helyváltoztatása – vagy a többes kötések áthelyeződése – következtében, *izomerizációs reakcióknak* nevezzük.

ÖSSZEGEZÉS

A legegyszerűbb alkánok közönséges körülmények között gázok, más alkánok – folyadékok vagy cseppfolyós anyagok. Ezek jól oldódnak szerves oldószerekben és nem oldódnak vízben. A cseppfolyós alkánoknak jellegzetes szaguk van. Az alkánok olvadáspontja és forráspontja a molekulatömeg növekedésével emelkedik.

Minden alkán vegyileg passzív. Bizonyos feltételek mellett helyettesítési reakciókba lépnek, hevítés hatására felbomlanak. Az alkánok éghető anyagok.

Az alkánok klórozási reakciói a gyökös láncreakció mechanizmusa szerint zajlanak le.

?

41. Kihatással van-e az alkánmolekulák összetétele és szerkezete fizikai tulajdonságaikra? Feleleteteket indokoljátok meg!
42. Írjátok le a metánbrómozás minden szakaszának egyenletét!
43. Mi a szabad gyök? Állítsátok össze az etilgyök elektronképletét! Szabad gyöknek tekinthető-e a klóratom?
44. Egészítsétek ki a reakcióvázlatokat és állítsatok fel reakcióegyenleteket:

a) $\ldots + 110_2 \rightarrow 7CO_2 + \ldots H_2O$;

b) $C_4H_{10} \xrightarrow{t} CH_4 + \ldots$;

$C_3H_8 + Br_2 \rightarrow \ldots$ (első szakasz)

$C_4H_{10} \xrightarrow{t} C_2H_6 + \ldots$.

45. Mekkora levegőtérfogatra van szükség (n. k. k.) 10 l, 0,7 g/cm^3 sűrűségű oktán elégetéséhez? Vegyétek 20%-nak az oxigén térfogatrészét a levegőben!
46. A metán nem teljes, acetilénre és hidrogénre történő elbomlásának eredményeként a gázok össztérfogatának 1,4-szeres növekedését észlelték. Számítsátok ki a képződő acetilén viszonylagos mennyiségét!
47. A palackban propán és *n*-bután 20 kg keveréke található. A propán tömegrésze a keverékben 22%. Mekkora mennyiségű hő fejlődik a keverék teljes elégésekor? A propán és *n*-bután égésének termokémiai egyenlete:

$$C_3H_8 + 5O_2 = 3CO_2 + 4H_2O;\ \Delta H = -2200\ \text{kJ};$$

$$2C_4H_{10} + 13O_2 = 8CO_2 + 10H_2O;\ \Delta H = -5760\ \text{kJ}.$$

7. Cikloalkánok

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- megértsétek a cikloalkánok molekula-összetételét és -szerkezetét;
- össze tudjátok állítani a cikloalkánok képleteit és neveit;
- megismerjétek a cikloalkánok izomériáját;
- megismerjétek a cikloalkánok tulajdonságait.

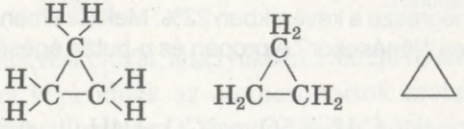
Molekula-összetétel. A telített szénhidrogének molekuláiban nem csak nyílt, hanem zárt szénláncok is lehetnek. Ha az alkánmolekula két, egymással nem szomszédos szénatomjától elvennénk egy-egy hidrogénatomot, és egyszeres kötést alakítanánk ki a helyükön, akkor zárt szénláncú molekulát, vagy ciklust, kapnánk.

A ciklikus szerkezetű telített szénhidrogéneket *cikloalkánoknak* nevezzük.

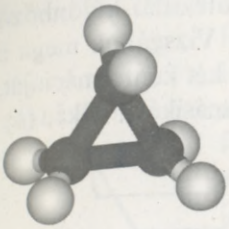
Cikloalkánok
C_nH_{2n}

A cikloalkánok molekulájában két hidrogénatommal kevesebb van, mint az ugyanannyi szénatommal rendelkező alkánmolekulában. Ezért a cikloalkánok általános képlete: C_nH_{2n} ($n = 3, 4, \ldots$).

A cikloalkánok molekuláinak szerkezeti képleteit különbözőképpen tüntetik fel: vonással jelölnek minden kötést az atomok között, vagy csak a szénatomok között, vagy csak többszöget tüntetnek fel az atomok jelölése nélkül. Nézzük meg a C_3H_6 cikloalkán teljes és egyszerűsített szerkezeti képleteit:



▶ Írjátok le a C_4H_8 ciklikus molekula szerkezeti képletének analóg változatait!



a



b

14. ábra.
A ciklopropán molekulájának modelljei:
***a* – golyó-pálcika modell;**
***b* – méretarányos modell**

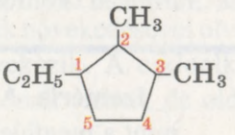
Elnevezések. A cikloalkánok elnevezése a molekulájában ugyanannyi szénatomot tartalmazó alkán nevéből és a *ciklo-* előtagból áll. Például a ciklikus molekulaszerkezetű C_3H_6 neve: *ciklopropán* (14. ábra), a C_4H_8 elnevezése – *ciklobután*.

Ha a cikloalkán molekulájában egy gyök van, akkor annak nevét a vegyület elnevezésének kezdetén tüntetik fel:



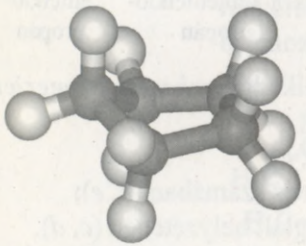
metilciklopropán

Ha több gyök található a molekulában, akkor megjelölik a helyüket és nevüket. Közben a szénatomokat a ciklusban úgy számozzák, hogy az ábécésorrendben elhelyezkedő gyökök száma a legkisebb legyen:



1-etil-2,3-dimetilciklopentán

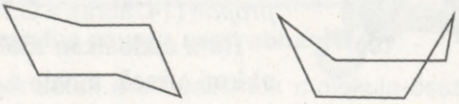
A molekula szerkezete. A cikloalkánokban, mint az alkánokban általában, a szénatom elektronpályái sp^3-hibridizáció állapotában találhatók. Ennek következtében a szomszédos atomok középpontjait összekötő egyenesek közötti szögek nagysága 109° 28′ kellene, hogy legyen. Azonban a ciklopropán C_3H_6 és ciklobután C_4H_8 molekulákban szénciklusok belső szögei kisebbek. Ez bizonyos „feszültséget", azaz a vegyületek instabilitását és fokozott reakciókészségét okozza a ciklusokban.



15. ábra.
A ciklopentán golyó-pálcika molekulamodellje

A cikloalkánok szénciklusai nem laposak (érthető, hogy a ciklopropán kivételével). Például az öttagú ciklus nyitott borítékra emlékeztet (15. ábra). Minden belső szög ebben és a nagyobb ciklusokban 109°28′.

Szinte minden cikloalkán molekulái különböző konformációkban fordulnak elő. Vizsgáljuk mega a ciklohexán C_6H_{12} molekulájának két konformációját. Az egyik elnevezése „fotel" (*a*), a másiké fürdőkád (*b*):



a *b*

A „fotel" konformációjú molekulának legkisebb az energiája.

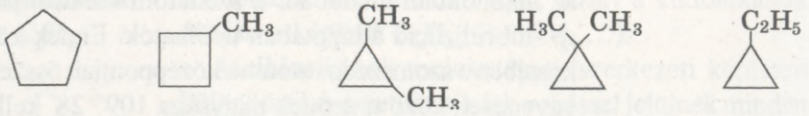
---

3. SZ. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET

A ciklohexán molekulájának konformációja

A modellkészlet felhasználásával készítsétek el a ciklohexán-molekulája szénciklusának „fotel" konfromációs modelljét! Próbáljátok meg úgy hajlítani, hogy a „fürdőkád" konformáció is létrejöjjön!

Izoméria. A cikloalkánoknak több izomerjük van, mint a megfelelő alkánoknak. Ez a C_5H_{10} összetételű izomer szerkezeti képleteinek megszerkesztésével bizonyítható:



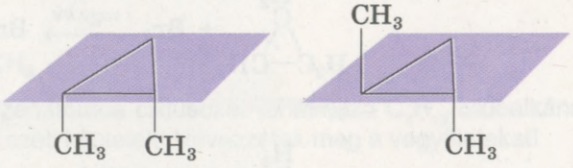
a ciklopentán; *b* metilciklo-bután; *c* 1,2-dimetilciklo-propán; *d* 1,1- dimetilciklo-propán; *e* etilciklo-propán

Amint látjuk, a cikloalkán *szerkezeti izomerjei* különbözhetnek:

- a ciklus méretében (*a*, *b*, *c*);
- a gyökök összetételében és számában (*d*, *e*);
- a gyökök ciklusban elfoglalt helyzetében (*c*, *d*).

A cikloalkánok esetében létezik még a *térizoméria* is. Ennek egyik formája a *mértani* vagy *cisz-transz-izoméria*. Ennek feltétele az, hogy a különböző

szénatomoknál elhelyezkedő két gyök nem egyformán helyezkedik el a ciklus felszínéhez viszonyítva. Mértani izomerjei vannak az 1,2-dimetilciklopropánnak. A CH_3 atomcsoportok a *cisz*-izomer molekulájában a ciklus felszínéhez képest egy irányban helyezkednek el, míg a *transz*-izomer[1] molekulájában – különböző oldalakon (a gyökök maximális távolságban helyezkednek el egymástól).



cisz-1,2-dimetilciklopropán

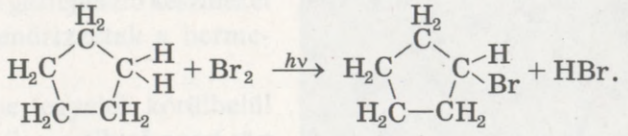
transz-1,2-dimetilciklopropán

Fizikai tulajdonságok. A ciklopropán és a ciklobután közönséges körülmények között gázok, a többi cikloalkán – folyadék vagy szilárd anyag. A vegyületek molekulatömegének növekedésével olvadáspontjuk és forráspontjuk növekszik. A cikloalkának, akár az alkánok, nem oldódnak vízben, de oldódnak szerves oldószerekben.

Kémiai tulajdonságok. Kémiai tulajdonságaikat tekintve a cikloalkánok az alkánokra emlékeztetnek. Jellemző rájuk az égési és helyettesítési reakció.

▶ Írjátok le a ciklopropán égési reakcióegyenletét!

A halogének részvételével végbemenő helyettesítési reakciók fény hatására indulnak be. A ciklopentán brómozása az alábbi reakcióegyenlet szerint megy végbe:



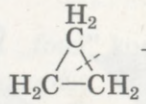
ciklopentán

brómciklopentán

[1] A latin eredetű előtagok jelentése: *cis* – ezen az oldalon lévő, *trans* – keresztül, át.

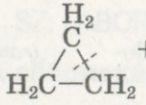
A bróm vizes oldatával a cikloalkánok, az alkánokhoz hasonlóan, nem reagálnak.

A ciklopropán és a ciklobután a molekuláikban lévő szénciklusok feszültsége miatt egyesül a hidrogénnel, halogénekkel, halogénhidrogénekkel. Ekkor a ciklusok szétnyílnak és megfelelő alkánok vagy alkánok halogénszármazékai képződnek:



$$+ Br_2 \xrightarrow{t \text{ vagy } h\nu} BrCH_2{-}CH_2{-}CH_2Br;$$

ciklopropán 1,3-dibrómpropán



$$+ HCl \xrightarrow{H_2O} CH_3{-}CH_2{-}CH_2Cl.$$

ciklopropán 1-klórpropán

ÖSSZEGEZÉS

A ciklikus molekulaszerkezetű telített szénhidrogéneket cikloalkánoknak nevezzük. Ezek általános képlete: C_nH_{2n}. A szénatom elektronpályái a cikloalkánmolekulákban sp^3-hibridizáció állapotában találhatók.

A cikloalkán neve a molekulájában ugyanannyi szénatomot tartalmazó alkán elnevezéséből és a *ciklo*- előtagból áll.

A cikloalkánok esetében léteznek mind szerkezeti, mind térizomerek.

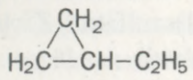
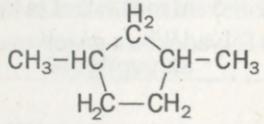
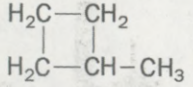
A ciklopropán és ciklobután – gázok, a többi cikloalkán – folyadék vagy szilárd anyag.

Kémiai tulajdonságaikat tekintve a cikloalkánok az alkánokhoz hasonlítanak. Jellemző rájuk az égési és a helyettesítési reakció.

?

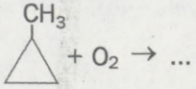
48. Milyen szénhidrogéneket nevezünk cikloalkánoknak?
49. Milyen izomériatípusok jellemzik a cikloalkánokat?

50. Keressétek meg a megfelelést!

Molekulaképlet	A vegyület neve
1) 	a) 1,3-dimetilciklopentán;
	b) metilciklobután;
2) 	c) etilciklopropán.
3) 	

51. Írjátok le a négy szénatomos ciklusokat tartalmazó C_6H_{12} cikloalkánok molekuláinak szerkezeti képleteit! Nevezzétek meg a vegyületeket!

52. Egészítsétek ki a reakcóvázlatokat:

a)  + $O_2 \rightarrow$ ...

b)  + $Cl_2 \rightarrow$ ...

53. Írjátok le a ciklohexán és a klór reakciójának egyenletét:
   a) a reagensek anyagmennyisége azonos;
   b) a reakciótermékek egyike hexaklorán $C_6H_6Cl_6$

54. Mekkora térfogatú levegőre (n. k. k.) van szükség 100 ml cikloheptán (0,81 g/cm³ sűrűségű folyadék) teljes elégetéséhez? Vegyétek 20%-nak az oxigén térfogatrészét a levegőben!

1. SZ. GYAKORLATI MUNKA

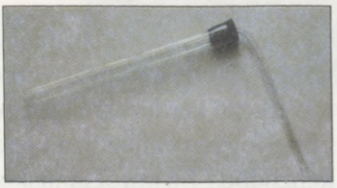
Szén, hidrogén és klór kimutatása szerves anyagban

1 SZ. KÍSÉRLET

Szén és hidrogén kimutatása szerves anyagban

Állítsátok össze a gázfejlesztő készüléket (16. ábra), és ellenőrizzétek a hermetikusságát!

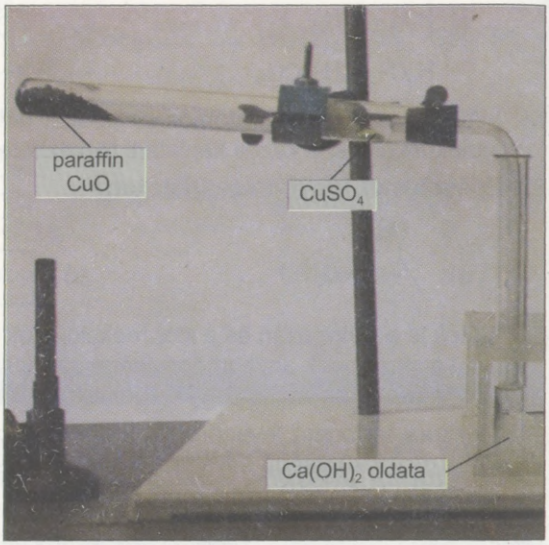
Száraz kémcsőbe tegyetek körülbelül 0,2–0,5 g paraffint (lecserélhető porrá tört cukorral vagy keményítővel) és 1–2 g réz(II)oxidot!



16. ábra.
Gázfejlesztő készülék

Rögzítsétek vízszintesen a kémcsövet a laboratóriumi állványon. Helyezzetek vattacsomót a kémcsőbe, közel a nyílásához! Ezután spatulával tegyetek a kémcsőbe kevés, víztelenített réz(II)szulfátot! Zárjátok le a kémcső nyílását gázelvezető csővel ellátott dugóval!

Egy másik kémcsőbe (pohárba) öntsetek 3–5 ml mészvizet (a kémcsövet rögzítsétek az állványon), és süllyesszétek a folyadékba a gázelvezető csövet (17. ábra).



17. ábra.
Szén és hidrogén szerves anyagban történő kimutatására szolgáló készülék

Gyújtsátok meg a szeszégőt, óvatosan melegítsétek fel az egész kémcsövet, és hevítsétek a keveréket! Figyeljétek a keveréket, a réz(II)szulfátot és a mészvizet!

A mészvíz zavarossá válása után vegyétek ki belőle a gázelvezető csövet, de *ne hagyjátok abba a keverék melegítését* (ellenkező esetben a folyadék a csövön át a forró kémcsőbe kerül, és az megreped)! Amint változást észleltek a kémcsőben, hagyjátok abba a melegítést!

Írjátok be az alábbi táblázatba megfigyeléseiteket, a hozzájuk fűzött magyarázataitokat, következtetéseiteket, a reakcióegyenleteket és a következő kérdésekre adott válaszokat:

1. Hogyan változott a víztelenített réz(II)szulfát színe? Milyen vegyület képződött? Ez miről tanúskodik?

2. Mi történt a mészvizet tartalmazó kémcsőben? Milyen gáz reagált az oldott anyaggal?

3. Milyen színű lett a reakciókeverék? Milyen anyag keletkezésére utal a szín?

4. Milyen elemeket sikerült kimutatni a kísérlet számára vett anyagban? Miłyen vegyületek molekuláiba mentek át ezeknek az elemeknek az atomjai a kémiai reakció következtében?

Megfigyelés	Magyarázat és következtetés
1. ...	

Reakcióegyenlet:

a) a paraffin oxidációja*

$$C_nH_{2n+2} + ...CuO \xrightarrow{t} ...CO_2 + ...Cu + ...H_2O;$$

$$C...H... + ...CuO \xrightarrow{t} ...$$

vagy más szerves vegyület oxidációja

.....;

b) a szerves anyag egyik oxidációs terméke kölcsönhatásba lép a réz(II)szulfáttal

.....;

c) a szerves anyag másik oxidációs terméke kölcsönhatásba lép a kalcium-hidroxiddal

.....

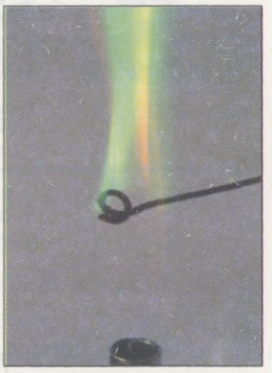
* A második kémiai egyenletben leírható az egyik szénhidrogén, a paraffin összetevőjének képlete (például $C_{20}H_{42}$).

2. SZ. KÍSÉRLET

Klór kimutatása szerves vegyületben

Kémcsőbe öntsetek 0,5 ml folyékony triklórmetán (a triviális elnevezése: kloroform) vagy 1,2-diklóretán szerves klórvegyületet! (A munka menetének leírása során tüntessétek fel a képleteiket!) *A diklóretánt tartalmazó poharat tartsátok minél távolabb a tűztől*[1], *mert ez az anyag könnyen gyullad!*

Vegyetek egy 15–20 cm hosszú rézdrótot. Egyik végét tekerjétek spirál alakúvá, és hevítsétek a szeszégő lángjában színének eltűnéséig.



18. ábra.
Klór kimutatása szerves vegyületben

[1] A kloroform nem gyullad meg a levegőn és nem képez vele robbanóelegyet.

Megváltozik-e a drót színe? Miért?

Amint a drótdarab szobahőmérsékletre hűlt, merítsétek egy részét a folyékony klórvegyületbe, majd ismét vigyétek a lángba. Figyeljétek meg a zöld szín megjelenését (18. ábra). Ezt a réz klórral alkotott illó vegyületei – réz(II)klorid és réz(I)klorid okozzák[1].

?

55. A tanuló az 1. sz. kísérlet végzése közben nem vette ki idejében a gázelvezető csövet a mészvízből, és észrevette, hogy annak fokozatosan megszűnik a zavarossága, és a folyadék átlátszóvá vált- Magyarázzátok meg a jelenséget!

56. Mondjatok véleményt arról, hogy kimutatható-e a klór a triklórmetánban ezüstnitrát vizes oldata segítségével, és indokoljátok meg az elképzeléseteket!

8. Szerves vegyületek képleteinek összeállításával kapcsolatos feladatok

A paragrafus anyaga segít összeállítani a vegyület képletét:

- relatív molekula vagy móltömege és a vegyület ismert típusa szerint;
- a vegyület elemeinek tömegrésze, gáznemű állapotban való sűrűsége vagy relatív sűrűsége alapján;
- az anyag részvételével zajló reakciókban reagáló gáztérfogatok és anyagtömegek szerint.

[1] Hasonló módszerrel mutatható ki szerves vegyületben a bróm és a jód.

A paragrafusban feladatokat oldunk meg és szénhidrogének képleteit vezetjük le. A szerves vegyületekkel kapcsolatos feladatok megoldásának módszerei más – köztük szervetlen – vegyületek esetében is használhatók. A feladatok megoldása nem csak a könyvben ajánlott módszerrel végezhető. Magatok is javasolhattok vagy alkalmazhattok más eljárást.

Az első két feladat elég egyszerű, megoldásuk a korábban megszerzett tudásotokon és készségeiteken alapul.

1. SZ. FELADAT. ***A 44 g/mol móltömegű alkán képletének meghatározása.***

Adva van:

$M(C_nH_{2n+2}) =$
$= 44$ g/mol

$C_nH_{2n+2} - ?$

Megoldás

1. Levezetjük az alkán móltömegére vonatkozó általános képletet, a szén és hidrogén móltömegeinek felhasználásával:

$$M(C_nH_{2n+2}) = n \cdot M(C) + (2n + 2) \cdot M(H) =$$
$$= 12n + 2n + 2 = 14n + 2.$$

2. Meghatározzuk a szénhidrogén képletét:

$$14n + 2 = 44;\ n = 3.$$

Az alkán képlete – C_3H_8.

Felelet: **az alkán képlete – C_3H_8.**

2. SZ. FELADAT. ***A 18,2% tömegrész hidrogént tartalmazó szénhidrogén képletének levezetése.***

Adva van:

C_xH_y
$w(H) =$
$= 18{,}2\ \%$

$C_xH_y - ?$

Megoldás

1. Kiszámítjuk a szén tömegrészét a vegyületben:

$$w(C) = 100\ \% - w(H) =$$
$$= 100\ \% - 18{,}2\ \% = 81{,}8\ \%.$$

2. Kiszámítjuk az indexek értékét a szénhidrogén képletében (vagy az elemek mennyiségi arányait). Legyen a szénhidrogén tömege 100 g. Ekkor a szén tömege a vegyületben 81,8 g, a hidrogéné – 18,2 g.

$$x : y = n(C) : n(H) =$$

$$= \frac{m(C)}{M(C)} : \frac{m(H)}{M(H)} = \frac{81{,}8}{12} : \frac{18{,}2}{1} = 6{,}82 : 18{,}2.$$

3. Megkeressük a vegyület képletét.
Az indexek a kémiai képletekben csak egész számok lehetnek, gyakran a lehetséges legkisebbek. Ezt figyelembe véve először mindkét számot elosztjuk a kapott arányban:

$$x : y = \frac{6,82}{6,82} : \frac{18,2}{6,82} = 1 : 2,67.$$

Most annak érdekében, hogy egész számot kapjunk, a kapott számokat 3-mal szorozzuk:

$$x : y = (1 \cdot 3) : (2,67 \cdot 3) = 3 : 8,01 \approx 3 : 8.$$

(Bizonyítsátok be, hogy a 2 és 4 szorzók elfogadhatatlanok!)

***Felelet:* a szénhidrogén képlete – C_3H_8.**

Ismerve az elemek tömegrészét a vegyületben, meghatározható az a *legegyszerűbb* kémiai képlet, amelyben az indexek a lehető legkisebbek. Azonban nem minden vegyületnek van ilyen képlete. Például az etán esetében a legegyszerűbb képlet – CH_3, az igazi vagy *valódi* – C_2H_6. A feladat feltételei között gyakran említik a vegyület móltömegét, sűrűségét (gáznemű állapotban) vagy más gázhoz viszonyított relatív sűrűségét.

3. SZ. FELADAT. ***Telített szénhidrogén képletének meghatározása, ha benne a szén tömegrésze 85,7%, a vegyület sűrűsége normális körülmények között – 2,5 g/l.***

Adva van:

C_xH_y
$w(C) =$
$= 85,7\ \%$
$\rho(C_xH_y) =$
$= 2,5$ g/l
c. n.

$C_xH_y - ?$

Megoldás

1. módszer

1. Kiszámítjuk a hidrogén tömegrészét a vegyületben:

$$w(H) = 100 - w(C) =$$
$$= 100\ \% - 85,7\ \% = 14,3\ \%.$$

2. Kiszámítjuk az indexek arányát a szénhidrogén képletében (vagy az elemek anyagrészét a vegyületben). A vegyület minden 100 g-ja 85,7 g szenet és 14,3 g hidrogént tartalmaz.

$$x : y = n(C) : n(H) =$$
$$= \frac{m(C)}{M(C)} : \frac{m(H)}{M(H)} = \frac{85,7}{12} : \frac{14,3}{1} = 7,14 : 14,3 \approx$$
$$\approx 1 : 2.$$

Nem létezik CH_2 képletű szénhidrogén. A kapott képlet a legegyszerűbb, de nem a valódi.

3. Meghatározzuk a vegyület valódi képletét. Ez a legegyszerűbb képlet többszöröse: $(CH_2)_z$.
Először kiszámítjuk a szénhidrogén móltömegét, a sűrűségéből kiindulva:

$$M = \rho \cdot V_M;$$

$$M(C_xH_y) = M[(CH_2)_z] = 2{,}5 \text{ g/l} \cdot 22{,}4 \text{ l/mol} =$$

$$= 56 \text{ g/mol}.$$

Innen $z = \dfrac{M[(CH_2)_z]}{M(CH_2)} = \dfrac{56}{14} = 4.$

A vegyület valódi képlete – $(CH_2)_4$, vagy C_4H_8.

2. módszer

1. Kiszámítjuk a szénhidrogén móltömegét:

$$M = \rho \cdot V_M;$$

$$M(C_xH_y) = 2{,}5 \text{ g/l} \cdot 22{,}4 \text{ l/mol} = 56 \text{ g/mol}.$$

2. Kiszámítjuk a szén tömegét 1 mol szénhidrogénben az elem tömegrésze alapján:

$$m(C) = 56 \text{ g} \cdot 0{,}857 = 48 \text{ g}.$$

3. Kiszámítjuk a szén anyagmennyiségét 1 mol szénhidrogénben:

$$n(C) = \frac{m(C)}{M(C)} = \frac{48}{12} = 4 \text{ (mol)}.$$

4. Kiszámítjuk a hidrogén tömegét és anyagmennyiségét 1 mol szénhidrogénben:

$$m(H) = 56 \text{ g} - 48 \text{ g} = 8 \text{ g}.$$

$$n(H) = \frac{m(H)}{M(H)} = 8 \text{ (mol)}.$$

A szénhidrogén képlete – C_4H_8.

Felelet: **A telített szénhidrogén képlete – C_4H_8. (Ilyen képlete van a ciklobutánnak és a ciklopropánnak).**

Érdekes tudnivaló

Bármely cikloalkán esetében $w(C) = 0{,}857$; $w(H) = 0{,}143$.

A vegyület, közte a szénhidrogén vegyület képlete nem csak vegyelemzésének az eredményei alapján vezethető le, hanem a reakcióba lépő tömege és térfogata, valamint a reakciótermékként keletkező megfelelő tömegek és térfogatok szerint is. Ehhez

speciális készülékben, fölös mennyiségben vett oxigénben elégetnek bizonyos mennyiségű szerves anyagot, és meghatározzák az égéstermékek – szén-dioxid, víz, nitrogén – tömegét vagy térfogatát.

4. SZ. FELADAT. ***Gáznemű szénhidrogén képletének meghatározása, ha a vegyület 50 ml-ének teljes elégése során 150 ml szén-dioxid és 200 ml vízgőz képződik (a térfogatoknak felelnek meg).***

Adva van:

C_xH_y

$V(C_xH_y) = 50$ ml

$V(CO_2) = 150$ ml

$V(H_2O$, vapori$) =$

$= 200$ ml

$C_xH_y - ?$

Megoldás

1. Felállítjuk az általános reakcióegyenletet:

$$C_xH_y + (x + \frac{y}{4})O_2 \rightarrow x\,CO_2 + \frac{y}{2}H_2O.$$

Az egyenlet értelmében 1 mol C_xH_y-ből x mol CO_2 és $y/2$ mol H_2O képződik.

2. A gázok térfogati törvényének megfelelően meghatározzuk a szénhidrogén, szén-dioxid és vízgőz anyagmennyiség-arányait (a gáz anyagmennyisége a térfogattal arányos, változatlan külső feltételek mellett):

$$n(C_xH_y) : n(CO_2) : n(H_2O) =$$
$$= V(C_xH_y) : V(CO_2) : V(H_2O, \text{vapori}) =$$
$$= 50 : 150 : 200 = 1 : 3 : 4.$$

3. Meghatározzuk a szénhidrogén képletét. A kémiai egyenletekben az együtthatók a reagensek és reakciótermékek anyagmennyiségével arányosak:

$$1 : x : y/2 = 1 : 3 : 4.$$

Innen $x = 3$; $y = 8$.

A szénhidrogén képlete – C_3H_8.

Felelet: **a szénhidrogén képlete – C_3H_8.**

5. SZ. FELADAT. ***Szénhidrogén képletének meghatározása, ha bizonyos tömegének teljes elégése mellett 22 g szén-dioxid és 11,25 g víz képződik. A szénhidrogén relatív sűrűsége a hidrogénhez viszonyítva 29.***

Adva van:

C_xH_y

$m(CO_2) = 22$ g

Megoldás

1. A szénhidrogén teljes elégésekor az összes szénatom a szén-dioxid molekulákba „megy át", a hidrogénatomok – a vízmolekulákba.

$m(H_2O) =$
$= 11{,}25$ g
$D_{H_2}(C_xH_y) = 29$

$C_xH_y - ?$

Kiszámítjuk a szén és a hidrogén anyagmennyiségét az égéstermékekben, és a szénhidrogénben is:

$$n(C) = n(CO_2) = \frac{m(CO_2)}{M(CO_2)} = \frac{22}{44} = 0{,}5 \text{ (mol)};$$

$$n(H) = 2n(H_2O) = 2 \cdot \frac{m(H_2O)}{M(H_2O)} = 2 \cdot \frac{11{,}25}{18} =$$

$$= 1{,}25 \text{ (mol)}.$$

2. Meghatározzuk a szénhidrogén legegyszerűbb képletét:

$$x : y = n(C) : n(H) = 0{,}5 : 1{,}25 = \frac{0{,}5}{0{,}5} : \frac{1{,}25}{0{,}5} =$$

$$= 1 : 2{,}5.$$

Az arány minden számát megszorozzuk 2-vel, egész számú x és y indexeket kapunk:

$$x : y = (1 \cdot 2) : (2{,}5 \cdot 2) = 2 : 5.$$

A C_2H_5 szénhidrogén nem létezik. A vegyület valódi képlete a legegyszerűbb képlet többszöröse: $(C_2H_5)_z$.

3. Levezetjük a vegyület valódi képletét:

$$M[(C_2H_5)_z] = D_{H_2}[(C_2H_5)_z] \cdot M(H_2) =$$

$$= 29 \cdot 2 = 58 \text{ g/mol}$$

$$\text{Innen } z = \frac{M[(C_2H_5)_z]}{M(C_2H_5)} = \frac{58}{29} = 2.$$

A vegyület valódi képlete – $(C_2H_5)_z$ vagy C_4H_{10}.

Felelet: **a szénhidrogén képlete – C_4H_{10}.**

ÖSSZEGEZÉS

Valamely szénhidrogéntípus képlete levezethető relatív molekulatömege vagy móltömege alapján.

A vegyület legegyszerűbb kémiai képlete elemeinek tömegrésze alapján határozható meg, a valódi képlete

pedig a vegyület móltömegének, sűrűségének vagy relatív sűrűségének kiegészítő felhasználásával.

A vegyület képlete meghatározható a reakcióban részt vevő gázok térfogata vagy a kémiai átalakulás valamennyi résztvevőjének tömege alapján.

?

57. Mi a legegyszerűbb képlet, a valódi képlet? Mondjatok példákat olyan szénhidrogénekre, amelyek esetében ezek a képletek: a) különbözők; b) egyformák!
58. A szénhidrogén vegyelemzésének eredményei alapján a kémikus CH_3 képletet kapott. Milyen lesz ennek a vegyületnek a valódi képlete? Mi a neve a levezetett CH_3 képletnek?
59. A cikloalkán móltömege 70 g/mól. Határozzátok meg a vegyület képletét (szóban)!
60. Végezzétek el a szükséges számításokat, és töltsétek ki a táblázatot:

E	*w*(E) %-ban vagy m(E) a vegyület 100 g-jában, g	*M*(E), g/mol	$\frac{m(E)}{M(E)}$, vagy *n*(E), mol	*n*(C):*n*(H)	Szorzó	Indexek a képletben	Legegyszerűbb képlet
C	83,7				3		
H							

Létezik-e az általatok levezetett legegyszerűbb képletű vegyület? Ha nem létezik, akkor milyen a valódi képlete?

61. Szerkesszétek meg a vegyület szerkezeti képletét, ha relatív molekulatömege 48, a molekulájában szénatom, a VI. csoportba tartozó elem atomja és hidrogénatomok vannak.
62. Milyen lesz a szénhidrogén képlete, ha benne a szén tömegrésze 84%?
63. Vezessétek le a telített szénhidrogén képletét, ha benne a hidrogén tömegrésze 14,3%, a vegyület relatív sűrűsége a levegőhöz viszonyítva – 1,45.
64. Határozzátok meg (szóban) a szénhidrogén képletét, amelyben a szén és hidrogén aránya: a) 3 : 1; b) 4 : 1!

65. A szénhidrogén 0,1 móljának teljes elégésekor 0,4 mol szén-dioxid és 0,5 mol víz képződött. Vezessétek le (szóban) a szénhidrogén képletét!

66. Telített gáznemű szénhidrogén 10 ml-jének teljes elégésekor 30 ml szén-dioxid és vízgőz képződött (a térfogatok azonos körülményeknek felelnek meg). Határozzátok meg (szóban) a szénhidrogén képletét!

67. A telített szénhidrogén brómozási reakciója során képződött termékek keverékéből egy vegyületet különítettek el, amelyben a szén, hidrogén és bróm tömegrésze rendre 0,13; 0,02 és 0,85. Vezessétek le ennek a vegyületnek és szénhidrogénnek a képletét!

Telítetlen szénhidrogének

A telített szénhidrogéneken kívül léteznek telítetlen szénhidrogének is.

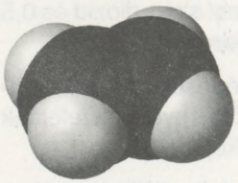
Azokat a szénhidrogéneket, amelyeknek molekuláiban a szénatomok nem csak egyszeres, hanem többszörös kötésekkel kapcsolódnak egymáshoz, *telítetleneknek* nevezzük.

9. Alkének

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- megismerjétek az alkénmolekulák összetételét és szerkezetét;
- megtudjátok, milyenek az alkének izomerjei;
- össze tudjátok állítani az alkének izomerjeinek képletét és megtanuljátok megnevezni őket.

A molekula összetétele és szerkezete. A legegyszerűbb, egy kettős kötést tartalmazó szénhidro-



19. ábra.
Az etén méretarányos molekulamodellje

gén az etén vagy etilén (19. ábra), kémiai képlete – C_2H_4, a szerkezeti képlete:

$$H:\underset{\cdot\cdot}{\underset{H}{C}}::\underset{\cdot\cdot}{\underset{H}{C}}:H \qquad CH_2=CH_2.$$

▶ Magyarázzátok meg az etén molekulaszerkezetét!

Sok olyan szénhidrogén létezik, amelyeknek az eténéhez hasonló a molekulaszerkezetük.

Az egy kettős kötést tartalmazó, nyílt szénláncú molekulákból álló szénhidrogéneket *alkéneknek* nevezzük.

Az eténmolekulában a szénatomok sp^2-hibridizáció állapotában vannak. A molekula szomszédos atomjainak középpontjait összekötő vonalak közötti szögek értéke 120°. Ugyanez vonatkozik a kettős kötéssel összekapcsolt szénatomokra és a környezetükre más alkének molekuláiban.

Érdekes tudnivaló
Azokat a szénhidrogéneket, amelyek molekuláiban két kettős kötés található, alkadieneknek nevezzük.

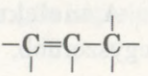
Az etén az alkének homológ sorának a kezdő tagja. A sorban utána következő vegyület kémiai képletét megkaphatjuk, ha az etén képletéhez „hozzáadjuk" a CH_2 homológ különbséget: $C_2H_4CH_2 \Rightarrow C_3H_6$. Ha összevetjük ezeknek a szénhidrátoknak a képletét, akkor könnyen arra a következtetésre jutunk, hogy az alkének általános képlete – $\mathbf{C_nH_{2n}}$ **(n = 2, 3, ...).**

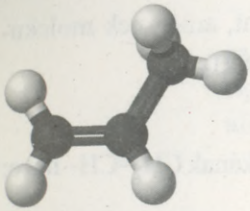
Alkének
$\mathbf{C_nH_{2n}}$

Összeállítjuk a C_3H_6 alkénmolekula szerkezeti képletét. Először leírjuk az egy kettős és egy egyszeres kötést tartalmazó nyílt szénláncot:

$$C=C-C$$

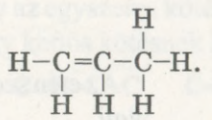
Figyelembe véve, hogy a szénatomok négy vegyértékűek, mindegyik szénatomhoz húzunk egy vonást (ezek az egyszerű kötéseket imitálják):





20. ábra. A propén golyó-pálcika molekulamodellje

Hozzáírjuk a megfelelő számú hidrogénatomot:



Ennek a szénhidrogénnek az egyszerűsített szerkezeti képlete (20. ábra):

$$CH_2{=}CH{-}CH_3$$

Elnevezések. Az alkének szisztematikus elnevezését az alkének névképzési sorrendjét betartva képezzük. Ehhez hozzávesszük a kettős kötés molekulán belüli helyzetét. A fő szénláncot úgy választjuk meg, hogy tartalmazza a kettős kötést. A szénatomok számozását a szénláncnak attól a végétől kezdjük, amelyhez közelebb van a kettős kötés.

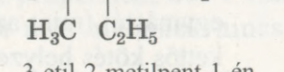
A nem elágazó molekulájú alkének nevét úgy képezzük, hogy az ugyanannyi szénatomot tartalmazó alkán nevének gyökéhez hozzátesszük az *-én* előtagot. Például a C_3H_6 alkén neve *propén*.

A kettős kötés helyzetét az alkénmolekulákban, az etén és propén kivételével, a vegyület nevében számmal tüntetjük fel (a megfelelő szénatom legkisebb számával) a gyök után, az *-én* előtag előtt, s mind a szám előtt, mind utána kötőjelet használunk:

$$\overset{1}{C}H_2{=}\overset{2}{C}H{-}\overset{3}{C}H_2{-}\overset{4}{C}H_3.$$

but-1-én[1]

Az elágazó molekulájú alkének esetében a gyökök és származékaik nevét ugyanúgy tüntetjük fel, mint az alkánoknál:



3-etil-2-metilpent-1-én

[1] Korábban a többes kötés helyét jelölő számot a vegyület neve előtt vagy után tüntették fel: 1-butén, butén-1.

▶ Nevezzétek meg azt az alként, amelynek molekulaszerkezete $CH_2=\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{C}}-CH_2-CH_3$.

Az etén szénhidrogén-maradékának $CH_2=CH-$ neve: *vinil*.

Az alkének szerkezeti molekuláinak nevét ugyanúgy képezzük, mint az alkánok esetében, de figyelembe vesszük a kettős kötés helyét is.

GYAKORLAT. A 4-etil-2-metil-hex-2-en elnevezésű alkén képletének összeállítása.

Megoldás

Leírjuk a hat szénatomból álló láncot (az *n*-hexán molekulája ilyen), és megszámozzuk benne az atomokat:

$$\overset{1}{C}-\overset{2}{C}-\overset{3}{C}-\overset{4}{C}-\overset{5}{C}-\overset{6}{C}.$$

A második és harmadik szénatomot kettős kötéssel kapcsoljuk össze:

$$\overset{1}{C}-\overset{2}{C}=\overset{3}{C}-\overset{4}{C}-\overset{5}{C}-\overset{6}{C}.$$

Csatlakoztatjuk a CH_3- és C_2H_5- gyököket rendre a második és negyedik atomhoz:

$$\overset{1}{C}-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle 2}{C}}=\overset{3}{C}-\underset{\displaystyle C_2H_5}{\overset{\displaystyle 4}{C}}-\overset{5}{C}-\overset{6}{C}.$$

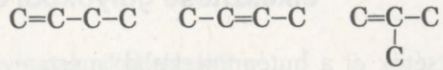
A fő szénlánc szénatomjaihoz hozzáírjuk a szükséges számú hidrogénatomot, és megkapjuk az alkén szerkezeti képletét:

$$\overset{1}{C}H_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle 2}{C}}=\overset{3}{C}H-\underset{\displaystyle C_2H_5}{\overset{\displaystyle 4}{C}}H-\overset{5}{C}H_2-\overset{6}{C}H_3.$$

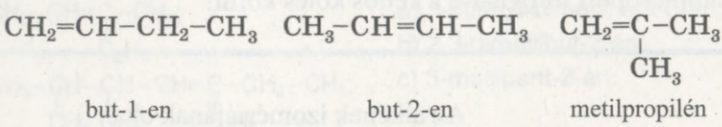
Izoméria. Az etén és a propén kivételével minden más alkénnek vannak izomerjei. Az alkének izomerjei nem csak a szénlánc szerkezetében különbözhetnek egymástól (mint az alkánok is), hanem a benne lévő kettős kötés helyzetét illetően is. Az ilyen izomerek, mint tudjuk, szerkezeti izomerek.

Levezetjük a C_4H_8 izomer alkének molekuláinak szerkezeti képletét, és megnevezzük a vegyületeket.

Először kipróbáljuk a négy szénatom összekapcsolásának összes lehetséges változatát, nem hagyva figyelmen kívül, hogy az egyszeres kötéseken kívül az alkánmolekulában egy kettős kötésnek kell lennie:



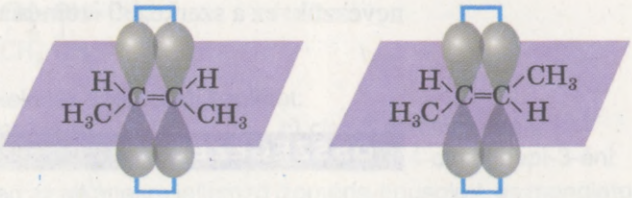
Most minden szénatomot kiegészítünk a megfelelő számú hidrogénatommal, s a vegyületek alatt feltüntetjük a nevüket:



but-1-en but-2-en metilpropilén

A harmadik vegyületnek nem a 2-metilprop-1-en nevet adtuk (magyarázzátok meg, miért).

Mivel a molekularész forgása nem lehetséges a kettős kötés körül annak szétszakadása nélkül, az alkénsorban mértani vagy *cisz-transz*-izoméria (a térizoméria egyik fajtája) van. A megfelelő izomerek létezésének feltétele, hogy a kettős kötést képező szénatomoknak egy vagy két különböző gyöke legyen. Ha az azonos típusú gyökök a kettős kötésnek ugyanazon az oldalán helyezkednek el, akkor a vegyületet *cisz*-izomernek nevezzük, ha különböző oldalakon találhatók, akkor *transz*-izomerről beszélünk:



cisz-but-2-én transz-but-2-én[1]

Az eténnek, propénnek, but-1-énnek, metilpropénnek és sok más alkénnek nincsenek mértani izomerjeik.

[1] Korábban ezeket a vegyületeket így nevezték: *cisz*-2-butén, *cisz*-butén-2; *transz*-2-butén, *transz*-butén-2.

4. SZ. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET

A buténmolekulák mértani izomerjeinek elkészítése golyókból és pálcikákból

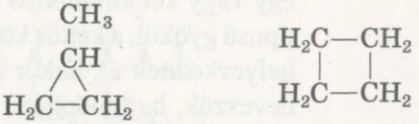
Készítsétek el a buténmolekulák mértani izomerjeinek modelljeit a megfelelő eszközök készletének felhasználásával!

Ellenőrizzétek az összeállított modelleken, hogy a $H-\underset{\|}{C}-CH_3$ atomcsoport foroghat-e a kettős kötés körül!

Az alkének izomériájának oka:

- a szénlánc szerkezete (szerkezeti izoméria);
- a kettős kötés szénláncban elfoglalt helye (szerkezeti izoméria);
- a gyökök helyzete a kettős kötéshez viszonyítva (mértani vagy *cisz-transz*-izoméria).

A C_4H_8 képletű izomerek között vannak ciklikus vegyületek:



Az ilyen izomériát *csoportközi* izomériának nevezzük; ez a szerkezeti izoméria egyik fajtája.

ÖSSZEGEZÉS

Azokat a szénhidrogéneket, amelyek molekulája egy kettős kötést tartalmazó nyílt szénlánc, alkéneknek nevezzük. Az alkének általános képlete – C_nH_{2n}.

Az alkének nevét ugyanúgy képezik, mint az alkánokét. A kettős kötés meglétét -én képzővel, a helyét a szénláncban a képző előtti számmal jelölik.

Az alkéneknek szerkezeti és térizomerjeik vannak. A szerkezeti izomereket szénláncuk szerkezete és a kettős

kötés helyzete, míg a térizomereket a gyökök kettős kötéshez viszonyított helyzete különbözteti meg.

?

68. Milyen vegyületeket neveznek alkéneknek?
69. Írjátok le a propénmolekula elektronképletét!
70. Keressétek meg a megfelelést!

Molekulaképlet	Vegyületnév
1) $CH_3-CH=C(C_2H_5)-CH_3$;	a) 3-etil-5,6-dimetilhept-3-én;
2) $CH_3-CH(CH_3)-CH(CH_3)-CH=C(C_2H_5)-CH_2-CH_3$;	b) 2,3-dimetilbut-2-én;
3) $CH_3-C(CH_3)=C(CH_3)-CH_3$;	c) 3-metilpent-2-én.

71. Az alábbi képletek közt jelöljétek meg a homológokat:

a) $CH_2=CH_2$;
b) $CH_2=CH-CH_2-CH_2-CH_3$;
c) $CH_3-CH(CH_3)-CH(CH_3)-CH_3$;
d) $CH_2=CH-C_2H_5$.

72. Nevezzétek meg az alábbi molekulaképletű szénhidrogéneket:

1) $CH_3-C(CH_3)=C(CH_3)-CH_3$;
2) $CH_3-CH=C(C_2H_5)-CH(CH_3)-CH_3$;
3) $CH_2=C(CH_3)-CH(CH_3)-CH(CH_3)-CH_3$.

73. Írjátok le a molekulák szerkezeti képletét:
a) 3-metilpent-1-én;
b) 3,3-dietilhex-1-én;
c) *cisz*-3-metilhex-3-én;
d) *transz*-3,4-dimetihept-3-én!

74. Nevezzétek meg az alkénekre jellemző izoméria-típusokat, és mondjatok példákat!
75. Léteznek-e olyan C_nH_{2n} vegyületek, amelyek molekuláiban az atomok csak egyszeres kötésekkel kapcsolódnak egymáshoz? Feleleteteket indokoljátok meg!
76. Írjátok le a szerkezeti izomer C_5H_{10} alkének molekulaképleteit, és nevezzétek meg azokat!
77. A 76. feladat vegyületei közül melyiknek van mértani izomerje? Írjátok le molekuláik szerkezeti képleteit!

78. Határozzátok meg azoknak a C_7H_{14} képletű alkéneknek a számát, amelyeknek a molekulái fő szénláncukban a következőket tartalmazzák:
a) 4 szénatom;
b) 5 szénatom!

10. Az alkének tulajdonságai

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- megismerjétek az alkének tulajdonságait;
- megismerjétek az alkén részvételével végbemenő egyesülési reakció mechanizmusát.

Fizikai tulajdonságok. Fizikai tulajdonságaikat tekintve az alkének az alkánokhoz hasonlók. Az etén, propén és butének közönséges körülmények között gázok, a többi alkén – folyadék vagy szilárd anyag. A vegyületek molekulatömegének növekedésével növekszik az olvadás- és forráspontjuk. Az alkének gyakorlatilag oldhatatlanok a vízben, de oldódnak szerves oldószerekben.

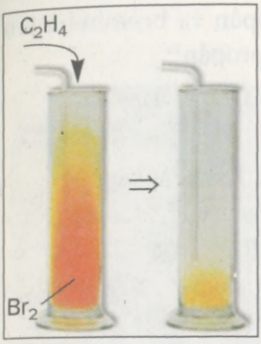
Kémiai tulajdonságok. Az alkénmolekulákban lévő kettős kötésnek köszönhetően a vegyületek jelentős kémiai aktivitást mutatnak. A részvételükkel végbemenő reakciók többségében a kettős kötések egyszeresekké alakulnak a π-kötések felhasadása következtében.

Egyesülési reakciók. Az alkének magukhoz csatolják a hidrogént, halogéneket, halogénhidrogéneket, vizet.

A hidrogén vagy halogének részvételével végbemenő egyesülési (addíciós) reakciók termékeinek összetételét nem nehéz előre jelezni. Minden hidrogénatom vagy halogénatom olyan szénatommal egyesül, amely kettős kötést képez a molekulában:

$$CH_3{-}CH{=}CH_2 + H_2 \xrightarrow{Pt\ vagy\ t,\ Ni} CH_3{-}CH_2{-}CH_3$$ (hidrogénezési reakció);

$$CH_3{-}CH{=}CH_2 + Br_2 \rightarrow CH_3{-}\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH}}{-}\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH_2}}$$ (brómozási reakció).



21. ábra.
Az etén kölcsönhatása brómgőzzel

Az alkének fellángolással reagálnak a fluorral, az alkénelegyek fényen robbanással reagálnak a klórral, s a klórral való reakcióik megfordíthatók.

Az alkének brómozása bróm vagy bróm vizes oldata – brómos víz (barna színű folyadék) – részvételével megy végbe. Az elszíntelenedése alapján különböztethetők meg a telítetlen szénhidrogének a telítetlenektől. A brómozási reakció a többes kötés kimutatásának egyik reakciója, azaz *minőségi reakciója* (21. ábra).

A halogénhidrogéneket közönséges körülmények között addícionálják az alkének, míg a vizet – tömény kénsav jelenlétében. Az alkén brómozási reakciójának példája:

$$CH_2{=}CH_2 + HBr \rightarrow \underset{H}{CH_2}{-}\underset{Br}{CH_2}.$$

▶ Nevezzétek meg azt a vegyületet, amely az etén vízzel való rekciójának eredményeként jön létre.

Ha az alkénmolekula nem szimmetrikus a kettős kötéshez viszonyítva, akkor kétféle módon addícionálhatja a halogénhidrogén-molekulát.

▶ Állítsatok össze két vázlatot, amelyek szerint a brómhidrogén molekuláját addícionálja a propánmolekula.

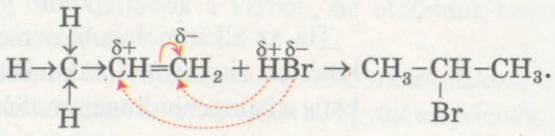
Az alkének halogénhidrogénekkel való reakcióit a XIX. sz. 60-as éveiben V. V. Markovnyikov orosz vegyész vizsgálta. Sok kísérlet eredményeinek összegezéseként a következő szabályt fogalmazta meg:

a halogénhidrogén és aszimmetrikus alkén kölcsönhatása során a halogénhidrogén-molekula hidrogénatomját a több hidrogénatomhoz kötődő szénatom addícionálja.

A szabály értelmében a propán és brómhidrogén reakciójának terméke a 2-brómpropán[1]:

$$CH_3{-}CH{=}CH_2 + HBr \rightarrow CH_3{-}\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH}}{-}\underset{\displaystyle H}{\underset{|}{CH_2}}.$$

Markovnyikov szabálya a következőképpen magyarázható: a propénmolekulában a CH_3 atomcsoportnak, a C–H kötés három elektronpárjának köszönhetően, nagyobb az elektronsűrűség, ami π-kötés mozgékony elektronjait a szélső szénatom felé tolja el (ezt az eltolódást lejjebb színes nyíl mutatja). Ennek következtében a szénatom a CH_2-csoportban kisebb negatív töltésre tesz szert, míg a CH-csoport szénatomja pozitív töltésű lesz. A brómhidrogén-molekula poláros, benne a közös elektronpár a nagyobb elektronegativitású brómatom felé tolódik el: $\overset{\delta+}{H}{\rightarrow}\overset{\delta-}{Br}$. A propén brómhidrogénnel való kölcsönhatásakor a HBr molekula hidrogénatomja a szénhidrogén-molekula negatív töltésű szénatomja felé mozdul el, míg a brómatom a pozitív töltésű szénatom irányában::



Az aszimmetrikus alkének és víz közötti reakciók szintén a Markovnyikov-féle szabály szerint mennek végbe. Ezeknek a reakcióknak a termékei alkoholok:

$$CH_3{-}\overset{\delta+}{C}H{=}\overset{\delta-}{C}H_2 + \overset{\delta+}{H}{-}\overset{\delta-}{O}H \xrightarrow{H_2SO_4\ (tömény)} CH_3{-}\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}{-}CH_3.$$

Oxidációs reakciók. Az alkének, más szénhidrogénekhez hasonlóan, égnek a levegőn, ha meggyújtják őket.

▶ Állítsátok fel a propén fölös oxigénben való égési reakciójának egyenletét!

[1] Kis mennyiségű 1-brómpropán is képződik.

Vlagyimir Vasziljevics Markovnyikov (1837–1904)



Kiemelkedő orosz vegyész, a kazanyi, moszkvai, novorosszijszki (odesszai) egyetemek professzora, Butlerov tanítványa. Feltárta a halogénhidrogének telítetlen szénhidrogének általi addíciójának törvényszerűségeit (Markovnyikov-szabály). Felfedezte a cikloalkánokat, megvalósította az aromás szénhidrogénekké történő átalakulási reakcióikat. Elsőként állított elő a molekuláikban hét- és nyolc ciklust (gyűrűt) tartalmazó vegyületeket, felfedezte a zsírsavizomereket. Kísérleteivel elősegítette a szerves vegyületek szerkezetelméletének fejlődését, lefektette a kőolajkémia alapjait. Az Orosz Vegyészek Társaságának egyik alapítója.

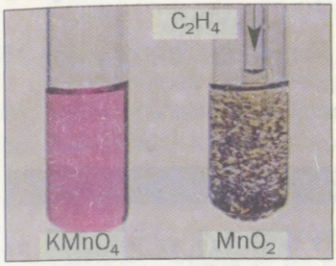
Bizonyos feltételek mellett az alkének molekuláik π-kötéseinek a hasadásával oxidálódnak. Az ilyen típusú oxidációt részlegesnek vagy „lágy oxidációnak" is nevezik. Ez alkének és híg kálium-permanganát $KMnO_4$ kölcsönhatása során valósul meg. Ha etént vagy más gáznemű alként bocsátanak át ennek a sónak az oldatán, akkor eltűnik az ibolyaszíne és barna MnO_2 csapadék keletkezik (22. ábra). A reakció eredményeként kétatomos alkohol képződik:

$$CH_2{=}CH_2 \xrightarrow{+[O],\ H_2O} \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH_2}}{-}\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH_2}}.$$

etilén-glikol

(A szerves kémiában az egyezményes [O] jelöléssel gyakran az oxidálószert helyettesítik.)

Ezzel a reakcióval, a brómvíz részvételével végbemenő reakcióhoz hasonlóan, különböztetik meg a telítetlen szénhidrogéneket a telített szénhidrogénektől.



22. ábra.
Etén kölcsönhatása kálium-permanganát vizes oldatával

Polimerizációs reakciók. Amikor a 9. osztályban az eténről (etilénről) tanultatok, megtudtátok, hogy a molekulái hosszú láncokká kapcsolódhatnak össze. Az ilyen kölcsönhatás eredményeként polietilén képződik. Ez a folyamat úgy is vizsgálható,

mint az alkénmolekulák egymás utáni összekapcsolódása a π-kötések felhasadásának következtében.

▶ Írjátok le a polietilén eténből való képződésének vázlatát!

Más alkének szintén képesek a polimerizációra:

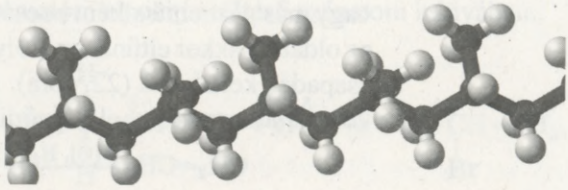
$$CH_2{=}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} + CH_2{=}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} + CH_2{=}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} + \ldots \xrightarrow{t,p,k}$$

$$\rightarrow \ldots -CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}- \ldots;$$

$$n\,CH_2{=}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} \rightarrow (-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-)_n$$

monomer polimer

A propénból képződő polimer neve – polipropilén (23. ábra).



23. ábra.
A polipropilén molekularészletének golyó-pálcika modellje

***Helyettesítési reakciók.** Az alkénekre nem jellemzők. A propén ≈ 500 °C-on a molekula kettős kötésének megmaradásával és a hidrogénatom metilcsoportban való helyettesítésével reagál a klórral:*

$$CH_2{=}CH{-}CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{t} CH_2{=}CH{-}CH_2Cl + HCl.$$

ÖSSZEGEZÉS

Fizikai tulajdonságait tekintve az alkének az alkánokra hasonlítanak, nem oldódnak a vízben, de oldódnak szerves oldószerekben. A vegyületek molekulatömegének növekedésével növekszik olvadás- és forráspontjuk.

Annak köszönhetően, hogy az alkének molekuláiban kettős kötések vannak, ezek a vegyületek kémiai aktivitást mutatnak, egyesülési, oxidációs, polimerizációs reakciókba lépnek. Aszimmetrikus alkének és halogénhidrogének kölcsönhatásakor a halogénhidrogén hidrogénmolekulája a több hirdogénatomhoz kötődő szénatomhoz kapcsolódik (Markovnyikov-szabály).

?

79. Hasonlítsátok össze az alkének és alkánok fizikai tulajdonságait!
80. Miért lépnek egyesülési reakciókba az alkének?
81. Magyarázzátok meg, milyen mechanizmus szerint megy végbe a halogénhidrogének propén általi addíciója?
82. Egészítsétek ki a reakcióegyenleteket, és nevezzétek meg a reakciótermékeket!

a) $CH_2=\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}-CH_3 + H_2 \rightarrow ...$

b) $CH_2=\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}-CH_3 + Br_2 \rightarrow ...$

c) $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}=CH-CH_3 + HCl \rightarrow ...$

83. Állítsátok össze azoknak a reakcióknak az egyenleteit, amelyekkel az alábbi átalakulások megvalósíthatók, és nevezzétek meg lefolyásuk feltételeit:

$$\begin{array}{ccccc} & & C_2H_5Cl & & \\ & & \uparrow & & \\ C_2H_6 & \leftarrow & C_2H_4 & \rightarrow & (-CH_2-CH_2-)_n. \\ & & \downarrow & & \\ & & C_2H_4Br_2 & & \end{array}$$

84. Írjátok le a teflon $(-CF_2-CF_2-)_n$ megfelelő telítetlen szénhidrogénből történő előállításának reakcióvázlatát!
85. Írjátok le általános alakban az alkén égési reakciójának egyenletét!
86. Számítsátok ki az 50 g brómetán előállításához szükséges etén tömegét, ha a relatív reakciótermék 91,7%!
87. Milyen a szénhidrogén kémiai képlete, ha benne a szén tömegrésze 0,857, és a vegyület sűrűsége normális körülmények között – 1,875 g/l? Írjátok le az ilyen összetételű összes izomer molekuláinak szerkezeti képleteit!
88. 0,05 mol, elágazó szimmetrikus molekulájú szénhidrogén égéstermékét fölös mennyiségben vett mészvizen bocsátották keresztül. Ennek

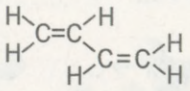
eredményeként 30 g csapadék képződött. A szénhidrogén jelzett anyagmennyisége ugyanakkora anyagmennyiségű brómot képes addícionálni. Milyen ennek a szénhidrogénnek a molekulaszerkezete, és mi a neve?

KÍVÁNCSIAKNAK

Alkadiének

A két kettős kötést tartalmazó, nyílt szénláncú telítetlen szénhidrogén vegyületeket *alkadiéneknek* nevezzük. A kettős kötések lehetnek egy szénatom mellett ($CH_2=C=CH_2$), lehet közöttük egy egyszeres kötés ($CH_2=CH–CH=CH_2$) vagy több ($CH_2=CH–CH_2–CH_2–CH=CH–CH_3$). Az alkadiének általános képlete – C_nH_{2n-2} (n = 3, 4, ...).

Gyakorlati jelentőségük van azoknak az alkadiéneknek, amelyeknek a molekuláiban a kettős kötések között egy egyszeres kötés van, köztük a buta-1,3-diénnek:

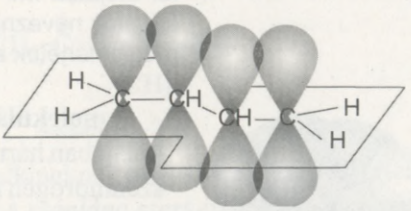


Az ilyen vegyületek nyersanyagul szolgálnak a kaucsuk, gumi és egyes műanyagok gyártásában. A belőlük készült anyagokat széleskörűen alkalmazzák a közlekedésben, az iparban, elektrotechnikában, háztartásokban.

A buta-1,3-dién molekulája úgy is tekinthető, mint két eténmolekula-maradék ($CH_2=CH–$) összekapcsolódásának terméke. Minden szénatom három elektronja (*s*-elektron és két *p*-elektron) a hibrid sp^2-elektronpályákon mozog, és ennek a vegyületnek minden molekulája egy síkban található. A szénatomok nem hibridizált *p*-elektronpályái egyesével átfedődnek, és egységes π-elektronrendszert hoznak létre. Az átfedési pontok a molekulasík fölött és alatt találhatók (24. ábra). Vagyis a buta-1,3-dién molekulájában nincsenek teljes értékű egyszeres és kettős kötések a szénatomok között; a π-elektronfelhő eloszlik (delokalizálódik) a szénlánc egészében. Ennek a szénhidrogénnek a szerkezeti képletét így is írják:

$$CH_2{=\!=\!=}CH{=\!=\!=}CH{=\!=}CH_2.$$

Kémiai tulajdonságaikat tekintve az alkadiének az alkénekre hasonlítanak. Az egyesülési és polimerizációs reakciók jellemzők rájuk



24. ábra.
π-elektronrendszer a buta-1,3-dién molekulájában

A szénatomok közötti kötések sajtossága a buta-1,3-dién molekulában és más hasonló vegyületek molekuláiban kihatással van a kémiai reakciók lefolyására. Például a buta-1,3-dién és a bróm reakciója során a halogénatomok zömmel a szénhidrogén-molekula első és utolsó szénatomjához kapcsolódnak (úgynevezett 1,4-addíció), a második és harmadik szénatom között pedig kettős kötés képződik[1]:

$$\underset{\text{buta-1,3-dién}}{CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2} + Br_2 \rightarrow \underset{\text{1,4-dibrómbut-2-én}}{CH_2Br{-}CH{=}CH{-}CH_2Br}.$$

Bróm fölös mennyisége esetén a π-kötés az atomok között felhasad és még egy további reagensmolekula addíciója megy végbe:

$$CH_2Br{-}CH{=}CH{-}CH_2Br + Br_2 \rightarrow \underset{\text{1,2,3,4-tetrabrómbután}}{CH_2Br{-}CHBr{-}CHBr{-}CH_2Br}.$$

A buta-1,3-dién $CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2$ polimerizációjával nyerik a szintetikus vagy műkaucsukot. Az egyes trópusi növények nedvében található természetes kaucsuk a metilbut-1,3-dién polimerizációs terméke

$$CH_2{=}\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{C}}{-}CH{=}CH_2.$$

11. Alkinek

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- megismerjétek az alkinmolekulák összetételét és szerkezetét;
- ismereteket szerezzetek az alkinek izomériájáról;

[1] Kis mennyiségben 1,2-addíciós termék is keletkezik – 3,4-dibrómbut-1-én $CH_2{=}CH-CHBr-CH_2Br$.

➢ fel tudjátok írni az alkin izomerek képleteit, és meg tudjátok nevezni őket;
➢ megismerjétek az alkinek tulajdonságait.



25. ábra. Az etin mértékarányos molekulamodellje

A molekulák összetétele és szerkezete. A molekulájában hármas kötést tartalmazó legegyszerűbb szénhidrogén az etin vagy acetilén C_2H_2 (25. ábra). A vegyület szerkezeti képlete H–C≡C–H, elektronképlete – H:C⋮⋮C:H.

▶ Magyarázzátok meg az etinmolekula térszerkezetét!

Az etinnel kezdődik azoknak a szénhidrogéneknek a homológ sora, amelyek molekuláiban egy hármas kötés van.

Azokat a szénhidrogéneket, amelyek nyílt szénláncú molekulái hármas kötést tartalmaznak, *alkineknek* nevezzük.

Az etinmolekula hármas kötése egy σ-kötésből és két π-kötésből áll. A hármas kötéssel összekapcsolt szénatomok *sp*-hibridizáció állapotában vannak.

Az alkinmolekulában két hidrogénatommal kevesebb van, mint az alkének molekulájában (hasonlítsátok össze az etinmolekulát C_2H_2 és az eténmolekulát C_2H_4). Az alkinek általános képlete ezért – $\mathbf{C_nH_{2n-2}}$.

Alkinek
C_nH_{2n-2}

Elnevezések. Az alkinek kémiai nevét ugyanúgy képezzük, mint az alkénekét, de az *-én* helyett *-in* képzőt használunk:

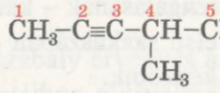
$$HC{\equiv}C{-}CH_3$$
propin

Az alkinmolekula fő láncát, akár az alkén esetében, úgy választják meg, hogy abban többszörös kötés legyen. A hármas kötés helyét a láncban az előtag előtt számmal tüntetjük fel

$$\overset{1}{H}C{\equiv}\overset{2}{C}{-}\overset{3}{C}H_2{-}\overset{4}{C}H_3,$$
but-1-in[1],

[1] Korábban a többszörös kötés helyét jelző számot a vegyület neve előtt vagy után tüntették fel: 1-butin, butin-1.

a gyököket pedig a vegyület neve előtt:



4-metilpent-2-in

Izoméria. Az alkineknek csak szerkezeti izomerjeik vannak, amelyek a *szénlánc szerkezetében* és benne a *hármas kötés helyében* különböznek egymástól. Az izoméria másik típusa: but-1-in $HC{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_3$ és but-2-in $CH_3{-}\ C{\equiv}C{-}CH_3$.

▶ Bizonyítsátok be, hogy nem létezik elágazó szénláncú butinmolekula!

Az alkineknek az alkadiének – a molekulájukban két kettős kötést tartalmazó vegyületek – között vannak izomerjeik (78. ábra). A butinek izomerjei: buta-1,2-dién $H_2C{=}C{=}CH{-}CH_3$ és buta-1,3-dién $H_2C{=}CH{-}CH{=}CH_2$. Ez a csoportközi izoméria példája (az alkinek és alkadiének általános képletei egyformák).

Fizikai tulajdonságok. Az alkinek – színtelen anyagok. Az etin, propin és but-1-in közönséges körülmények között gázok, a többi alkin – folyadék vagy szilárd anyag. A gáznemű alkinek majdnem szagtalanok. A hegesztési munkálatoknál használt technikai etin (acetilén) kellemetlen szagát a szennyezésként benne lévő kénhidrogén H_2S és foszfin PH_3 és más gázok okozzák. Az alkinek rosszul oldódnak a vízben.

Kémiai tulajdonságok. Az alkinek mint telítetlen szénhidrogén vegyületek egyesülési és oxidációs reakcióba lépnek, míg azok, amelyeknek a molekuláiban – $C{\equiv}CH$ töredék található, még helyettesítési reakciókban is részt vehetnek.

Egyesülési reakciók. Annak köszönhetően, hogy az alkinmolekulában hármas kötés található a hidrogén, halogén vagy halogénhidrogén addíciója két szakaszban megy végbe. Először az alkinmolekula a reagens egyik, majd a másik molekuláját addícionálja.

Hidrogénezési reakció. Az etin hidrogénnel való reagálásának – katalizátor jelenlétében végbemenő – első szakaszában etén, második szakaszában – etán képződik.

▶ Írjátok le a megfelelő kémiai reakciókat!

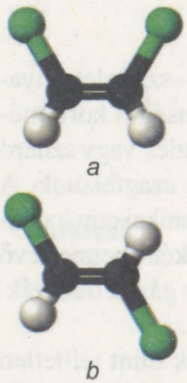
Azonos módon reagál a hidrogénnel a propin:

$$\underset{\text{propin}}{HC{\equiv}C{-}CH_3} \xrightarrow{+H_2,\ k} \underset{\text{propén}}{H_2C{=}CH{-}CH_3} \xrightarrow{+H_2,\ k} \underset{\text{propán}}{CH_3{-}CH_2{-}CH_3}.$$

Halogénezési reakció. Az alkinek, az alkénekhez hasonlóan, elszínetelenítik a brómos vizet. Már tudjátok, hogy ez a reakció a többes kötés kimutatására szolgál. Az etin és bróm kölcsönhatásáról a 9. osztályban tanultatok. A propin brómozásának kémiai reakciója:

$$HC{\equiv}C{-}CH_3 + Br_2 \rightarrow \underset{\text{1,2-dibrómpropén}}{CHBr{=}CBr{-}CH_3} \text{ (1. szakasz}^1\text{)},$$

$$CHBr{=}CBr{-}CH_3 + Br_2 \rightarrow \underset{\text{1,1,2,2-tetrabrómpropán}}{CHBr_2{-}CBr_2{-}CH_3} \text{ (2. szakasz)}.$$



26. ábra.
Az 1,2-diklóretének golyó-pálcika molekulamodelljei:
***a* – *cisz*-izomer;**
***b* – *transz*-izomer**

A klór alkinek általi addíciója analóg módon megy végbe.

Az etin klórral való reakcióját oldószerben (CCl_4), katalizátor jelenlétében valósítják meg. Az első szakaszban az 1,2-diklóretén mértani izomerjei képződnek (26. ábra).

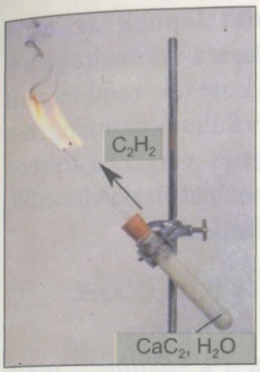
Reakciók halogénhidrogénekkel. Az etin klórral való reakciójának első szakasza

$$HC{\equiv}CH + HCl \xrightarrow{Cu^+ \text{vagy } Hg^{2+},\ t} \underset{\substack{\text{klóretén}\\ \text{vagy vinilklorid}}}{H_2C{=}CHCl}$$

gyakorlati jelenőséggel bír, mivel a vinilklorid a polivinilklorid-gyártás nyersanyaga. A polivinilklorid műanyag, amelyből a legkülönfélébb eszközöket készítik.

Az etin klórral (vagy a vinilklorid klórhidrogénnel) való reakciójának második szakaszában képződő termék összetétele a Markovnyikov-szabály alapján határozható meg:

[1] Ebben a szakaszban nagyrészt *transz*-izomer keletkezik.



27. ábra.
Az etin égése

$$H_2C{=}CHCl + HCl \rightarrow CH_3{-}CHCl_2.$$

1,1-diklóretán

Ez a szabály érvényes a halogénhidrogének aszimmetrikus alkinekkel való reakcióinak mindkét szakaszára.

▶ Írjátok le a klórhidrogén propin általi, egymást követő addíciójának reakcióegyenletét!

A víz alkinek általi addíciójához meghatározott feltételek szükségesek (lásd 162., 165. old).

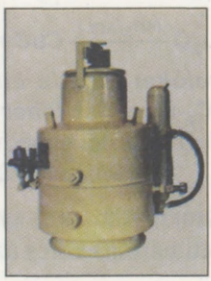
Oxidációs reakciók. Az alkinek, más szénhidrogénekhez hasonlóan, elégnek fölös mennyiségű oxigénben vagy levegőben.

▶ Magyarázzátok meg, hogy az etin miért ég fényes, ugyanakkor kormozó lánggal (27. ábra).

Az etin (acetilén) tiszta oxigénben való égési reakcióját fémek hegesztésére és vágására használják. A reakció során a láng hőmérséklete eléri a 3000°C-ot. Az acetilént palackból (28. ábra) vagy fejlesztő készülékből (29. ábra) és az oxigént (palackból) speciális égőfejbe vezetik, meggyújtják, s a belőle kiáramló lángot a fémre irányítják (30. ábra). Etinnel dolgozva soha nem szabad elfelejteni, hogy ennek a gáznak a levegővel és oxigénnel való keveréke robbanásveszélyes.



28. ábra.
Acetilénpalackok



29. ábra.
Acetilénfejlesztő készülék





30. ábra.
Fém hegesztése (*a*) és vágása (*b*)

Az alkinek kölcsönhatásba lépnek az erős oxidálószerek oldataival. Eközben a szénhidrogének szénatomjai közötti hármas kötések rendszerint felhasadnak. Az alkin reagálása a kálium-permanganát oldatával $KMnO_4$, akár a brómos vízzel, a többes kötések kimutatására szolgál. A sóoldat elszíntelenedik, az alkinek karbonsavakká oxidálódnak[1]:

$$CH_3{-}C{\equiv}C{-}CH_3 \xrightarrow{+3[O],\ H_2O} 2CH_3COOH.$$

Az etin kölcsönhatásba lép a kálium-permanganát oldattal. Molekuláinak hármas kötései nem hasadnak fel, hanem egyszeres kötésekké alakulnak. Az egyik reakciótermék a sóskasav (oxálsav) sója – kálium-oxalát:

$$3HC{\equiv}CH + 8KMnO_4 \rightarrow 3KOOC{-}COOK + 8MnO_2{\downarrow} + 2KOH + 2H_2O.$$

Helyettesítési reakciók. Az etin és az alkinek, amelyeknek a molekuláiban a hármas kötés a szénlánc elején található, reagálnak az alkálifémekkel:

$$HC{\equiv}CH + 2Na \xrightarrow{NH_3\ (cseppfolyós)} \underset{\substack{\text{nátrium-acetilid}\\ \text{(nátrium-karbid)}}}{NaC{\equiv}CNa} + H_2{\uparrow}.$$

Az etin kölcsönhatásba lép az ezüst-nitrát és réz(I) oxid ammóniás oldataival:

$$HC{\equiv}CH + Ag_2O \xrightarrow{NH_3(sol.)} AgC{\equiv}CAg{\downarrow} + H_2O;$$

$$HC{\equiv}CH + Cu_2O \xrightarrow{NH_3(sol.)} CuC{\equiv}CCu{\downarrow} + H_2O.$$

Ezeket a reakciókat az etin kimutatására használják: az Ag_2C_2 vegyület fehér anyag, a Cu_2C_2 – téglavörös.

Az ilyen reakciókban az etin savra emlékeztet. A szénatomok közötti hármas kötés az egyszerű kötések polarizációjának növekedését idézi elő ($\equiv\overset{\delta-}{C}\leftarrow\overset{\delta+}{H}$), és

[1] Lúgos közegben ezeknek a savaknak a sói képződnek.

létrejön az előfeltétele a hidrogénatomok fématomokkal való helyettesítésének.

Az etin származéka a CaC_2 vegyület, amelynek a technikai elnevezése – kalcium-karbid. Úgy állítják elő, hogy kalcium-oxidot reagáltatnak szénnel erős hevítés mellett (27. ábra). Ennek a vegyületnek gyakorlati jelentősége van, mert az etint az iparban a kalcium-karbid vízzel való reagáltatásával állítják elő (99. old.).

ÖSSZEGEZÉS

Azokat a szénhidrogéneket, amelyek nyílt szénláncú molekulái hármas kötést tartalmaznak, alkineknek nevezzük. Az alkinek általános képlete – C_nH_{2n-2}.

Az alkinek kémiai nevét ugyanúgy képezzük, mint az alkénekét, de az -én helyett -in képzőt használunk. A hármas kötés helyét a láncban az előtag előtt számmal tüntetjük fel.

Az alkineknek csak szerkezeti izomerjeik vannak, amelyek a szénlánc szerkezetében és benne a hármas kötés helyében különböznek egymástól.

Közönséges körülmények között az alkinek színtelen anyagok, alig van szaguk, és rosszul oldódnak a vízben. Jellemző rájuk az egyesülési és oxidációs reakciók. A szénlácuk elején hármas kötéssel rendelkező alkinek helyettesítési reakcióba lépnek az aktív fémekkel.

?

89. Milyen szénhidrogéneket nevezünk alkineknek? Írjátok le az etin homológ sorának első három vegyületét!

90. Nevezzétek meg az alábbi képletekkel rendelkező alkineket!

a) $CH_3-CH_2-CH_2-C\equiv CH$;

b) $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-C\equiv C-CH_3$.

c) $CH_3-C\equiv C-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{CH}}-CH_2-CH_3$;

91. Írjátok le az alábbi molekulák szerkezeti képletét:
    a) hex-2-in;
    b) 3-metil-1-in;
    c) 2,2-dimetilhex-3-in;
    d) 3,3-dimetilhept-1-in!
92. Szerkesszétek meg a C_5H_8 alkinek izomer molekuláinak szerkezeti képleteit, és nevezzétek meg a vegyületeket!
93. Írjátok le a but-1-in fölös mennyiségben vett hidrogénnel, hidrogén-kloriddal és nátriummal való reakciójának egyenletét!
94. Az elágazó molekulaszerkezetű alkin kölcsönhatásba lép a brómos vízzel, $C_5H_{10}Br_2$ vegyület képződése mellett. Írjátok le két egymás után következő reakció egyenleteit, nevezzétek meg a reagenseket és a reakcióter-mékeket!
95. Hogyan különböztethető meg kémiai reakciók segítségével a különböző kémcsövekben lévő *n*-hexán, hex-2-én és hex-1-in?
96. Mekkora maximális térfogatú hidrogént addícionál (normális körülmények között) a 0,1 mol anyagmennyiségben vett etin? (Feleljetek szóban!)
97 Mekkora térfogat szén-dioxid képződik 400 ml propin fölös mennyiségben vett levegőben? (Feleljetek szóban!)
98. Keressétek meg az alábbi alkin kémiai képletét:
    a)m móltömege 68 g/mol (szóban);
    b) benne 88,2% a szén tömegrésze;
    c) 0,1 móljának elégetésekor 0,5 mol szén-dioxid képződik (szóban)!

Aromás szénhidrogének (arének)

A szerves vegyületek egyik csoportjának elég szokatlan az elnevezése – *aromás szénhidrogének*. Ez azzal függ össze, hogy korábban ezeket a vegyületeket természetes illatos gyantákból állították elő. Azonban ezeknek a vegyületeknek nem az illat a közös ismérvük, hanem molekuláik speciális szerkezete.

12. Benzén. Arének

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- megismerjétek a benzén molekula-összetételét és -szerkezetét;
- tisztázzátok, milyen vegyületeket nevezünk aréneknek;
- megismerjétek az arének izomériáját;
- össze tudjátok állítani az arének izomériáját és meg tudjátok nevezni őket.

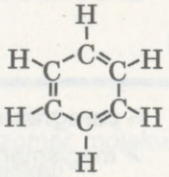
Benzén. A legegyszerűbb aromás szénhidrogén a *benzén* C_6H_6 (triviális elnevezése – benzol). Ezt a vegyületet 1825-ben fedezte fel M. Faraday angol tudós oly módon, hogy az folyadék formájában összegyűlt az utcai lámpák világító gázának a tartályaiban.

Rejtélyes molekula. A benzén vegyészek által feltárt tulajdonságai nem tették lehetővé, hogy egyértelműen leírják molekulaszerkezetét. A benzén C_6H_6 molekulájában sokkal kevesebb hidrogénmolekula van, mint a telített szénhidrogénekben, így a hexánban C_6H_{14} és ciklohexánban C_6H_{12}. Ez arra utalt, hogy a molekulában kettős, sőt hármas kötések vannak (vagyis a benzénnek *telítetlen szénhidrogénnek* kellett lennie). Azonban a vegyület kémiailag passzívnak bizonyult (úgy viselkedett, mit a *telített szénhidrogének*), és az alkénektől és alkinektől eltérően elszíntelenítette a brómos vizet és a kálium-permanganát oldatát. Igaz, különleges feltételek mellett a C_6H_6 molekula három hidrogén- vagy klóratomot addícionált.

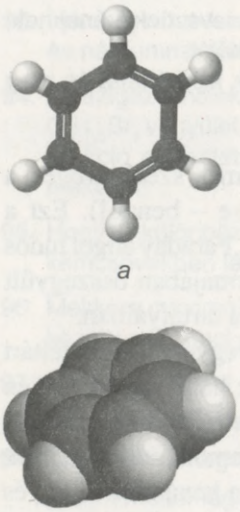
A molekulájukban metilcsoportot vagy halogénatomot tartalmazó benzénszármazékoknak nem voltak izomerjeik, ami arról tanúskodott, hogy a szénatomok egyenértékűek a molekula vegyületeiben. Ez csak olyan feltételek mellett volt lehetséges, hogy a szénatomok zárt ciklust alkottak (mint a *cikloalkánok* molekuláiban).

Ezeket a tényeket figyelembe véve a kutatók több molekulaképletet javasoltak a benzén számára. A kapott

adatok többségével leginkább A. Kekulé német vegyész képlete egyezett meg (1865):

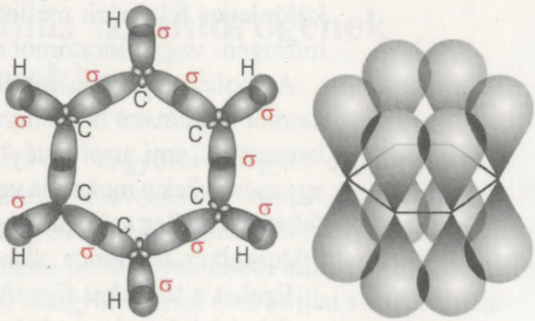


Azonban ez a képlet sem adott magyarázatot arra, hogy többes kötésekkel a molekulájában miért nem lép a benzén közönséges körülmények között addíciós reakcióba. Néhány évvel később Kekulé azzal a hipotézissel állt elő, hogy a kettős kötések nincsenek rögzítve a molekulában, hanem egyik szénatomtól a másikhoz helyeződnek át, s ezzel mintegy elmossák a közöttük lévő különbséget. A későbbi kutatások bebizonyították, hogy a szénatomok egyenértékűek a benzénmolekulában, egy síkban helyezkednek el a szabályos hatszög szögeinek a csúcsaiban (31. ábra).

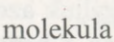
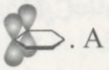


31. ábra.
A benzén molekulamodelljei:
***a* – golyó-pálcika;**
***b* – mértékarányos**

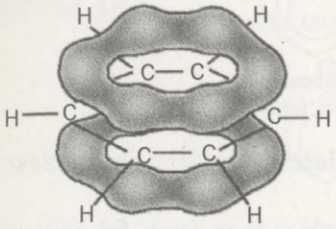
A molekula elektronszerkezetének sajátosságai. A ma érvényes elméletnek megfelelően a benzénmolekula minden szénatomjában az elektronpályák sp^2-hibridizációja valósul meg (mint az etén szénatomjaiban). Minden atom három elektronja (egy *s*-elektron és két *p*-elektron) a hibrid elektronpályán három σ-kötést hoz létre két másik szénatommal és egy hidrogénatommal (32. *a* ábra). Az elektronpályák irányai közötti szögek értéke 120°.



32. ábra.
Az elektronpályák átfedése a benzénmolekulában:
***a* – hibrid elektronpályák (sp^2);**
***b* – nem hibrid elektronpályák**

A szénatom negyedik kötésének létrehozásában részt vesz a *p*-elektron is. Nem hibridizált elektronpályája merőleges a molekula síkjára:  . Az ilyen elektronpályák átfedése következtében π-kötés képződik:  . A szénatomok közötti egyenlő távolságok a C_6H_6 molekulában azt bizonyítják, hogy mind a hat nem hibridizált *p*-elektronpálya átfedődik[1] (32. *b* ábra). A π-elektronfelhő egyenletesen oszlik el a szénciklusban oly módon, hogy annak síkja alatt és fölött összpontosul (33. ábra); az atomok között valamennyi kötés kiegyenesedik. Ezt a molekula szerkezeti képletében a következőképpen ábrázolják:





33. ábra. A π -elektronfelhő a benzénmolekulában

Vagyis a benzéngyűrű szénatomjai között nincsenek egyszeres és kettős kötések. A C–C kötés hossza az alkánokban 0,154 nm-t tesz ki, a C=C kötésé az alkénekben – 0,143 nm-t, míg a benzénmolekulában a szénatomok közötti távolság – 0,140 nm.

▶ Poláris vagy apoláris-e a benzénmolekula? Miért?

Arének. A benzénen kívül sok olyan szénhidrogén létezik, amelyeknek a molekuláiban zárt π-elektronrendszer van.

Azokat a szénhidrogéneket, amelyeknek a molekuláiban egy vagy több benzéngyűrű található, *areneknek* vagy *aromás szénhidrogéneknek* nevezzük.

[1] A *p*-elektronpályák hasonló átfedése tapasztalható a buta-1,3-dién $CH_2=CH–CH=CH_2$ molekulájában (78. old.).

Érdekes tudnivaló

A benzénéhez hasonló gyűrűs molekulája van a nitrogéntartalmú piridinnek:



A molekulájában egy gyűrűt tartalmazó benzén C_6H_6 az arének homológ sorának első vegyülete.

Megvizsgáljuk azokat az aréneket, amelyeknek a molekuláiban a benzéngyűrűnek telített szénhidrogéngyökei vannak. Az ilyen arének általános képlete (a benzénnel együtt) – $\mathbf{C_nH_{2n-6}}$ **(*n* = 6,7, ...).**

▶ Vezessétek le a benzén homológ sorának második és harmadik helyén található vegyületek képleteit, és írjátok le őket C_6H_5–*R* alakban!

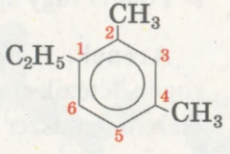
Az arének elnevezése. Azoknak az aréneknek a szisztematikus elnevezése, amelyeknek a molekulájában a benzéngyűrűnek egy gyöke van, a gyök nevéből és a *benzén* szóból áll:



metilbenzén
(toluen, toluol)

Zárójelben a vegyületek triviális elnevezése olvasható.

Több gyök esetén betűrendben írjuk fel őket, a benzéngyűrűben elfoglalt helyüket pedig számokkal jelöljük. A szénatomokat úgy számozzuk, hogy a gyököknek legyen a legkisebb sorszámuk:



1-etil-2,4-dimetilbenzén

Egyes arének elnevezését másként alkotják. Az ilyen vegyületeket a megfelelő alkánok, alkének származékaiként vizsgálják. Ezekben az esetekben az aromás maradék nevét használják fel: fenil C_6H_5–, benzil C_6H_5–CH_2–. Példa:

$$\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H(C_6H_5)-\overset{3}{C}H_2-\overset{4}{C}H_3.$$

2-fenilbután

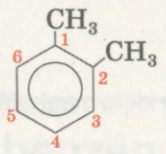
Az arének izomériája. Az arénekre a szerkezeti izoméria jellemző. Ez a *gyökök* benzéngyűrűben elfoglalt *helyétől*, *összetételétől* és *szerkezetétől* függ.

Az egy gyökkel rendelkező benzénszármazék, a metilbenzén, nem rendelkezik izomerekkel, mivel a gyűrűn belül minden szénatom egyenértékű.

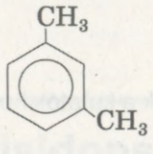
Érdekes tudnivaló
Az aromás maradékok általános elnevezéseként az *aril* szót használják, jelölése *Ar*.

Háromféle dimetilbenzén ismeretes. Ezek az izomerek a gyökök helyzetében különböznek egymástól. Az ilyen vegyületek szisztematikus elnevezéseiben a szénatomok sorszámát és a gyökök nevét tüntetik fel. A kétgyökös izomerek más elnevezéseiben az arén triviális neve előtt számok helyett betűket – *o-*, *m-*, *p-* – írnak (ezeket így olvassuk: „orto", „meta", „para").

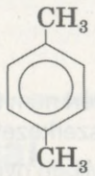
Az izomer $C_6H_4(CH_3)_2$ vegyületek példái:



1,2-dimetilbenzén (*o*-xilén)



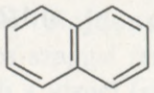
1,3 – dimetilbenzén (*m*-xilén)



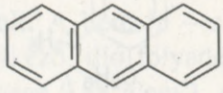
1,4-dimetilbenzén (*p*-xilén)

Ha a benzéngyűrűben több gyök van, növekszik az izomerek száma, mivel köztük különböző típusú izomerek fordulnak elő.

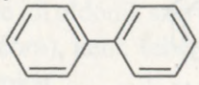
Léteznek olyan arének, amelyek több benzéngyűrűt tartalmaznak:



naftalén (naftalin)



antracén



difenil

ÖSSZEGEZÉS

A legegyszerűbb aromás szénhidrogén a benzén C_6H_6.

A benzén molekulájában minden szénatom egy síkban helyezkedik el a szabályos hatszög csúcsaiban, a π-elektronfelhő egyenletesen oszlik meg a széngyűrű síkja alatt és fölött.

Azokat a szénhidrogéneket, amelyeknek a molekulái egy vagy több benzéngyűrűt tartalmaznak, aréneknek vagy aromás szénhidrogéneknek nevezzük.

Az arének szisztémás elnevezése tartalmazza a gyökök nevét és a „benzén" szót. Több gyök megléte esetén betűrendben tüntetik fel őket, míg a helyzetüket számokkal jelölik.

Az arének (szerkezeti) izomériáját a gyökök benzéngyűrűben elfoglalt helye, összetétele és szerkezete határozza meg.

?

99. Miért nem tudták a kutatók hosszú ideig meghatározni a benzénmolekula szerkezetét?

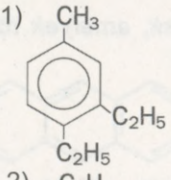
100. Miben nyilvánul meg a benzénmolekula szerkezeti sajátossága?

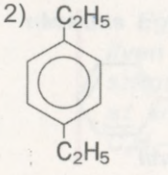
101. Miért nincsenek a benzénmolekulában elszigetelt π-kötések?

102. A következő képletek közül melyek benzénhomológok: C_7H_8, $C_{10}H_{22}$, C_9H_{12}, C_8H_{16}, C_8H_{14}, C_7H_{14}, C_8H_{10}?

103. Keressétek meg a megfelelést!

Molekulaképlet

1) 

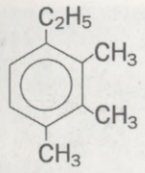
2) 

A vegyület neve

a) 1,4-dietilbenzén;

b) 1-etil-2,3,4-trimetilbenzén;

c) 1,2-dietil-4-metilbenzén.

3) 

104. Hány izomerje létezik az alábbi vegyületeknek:
   a) tetrametilbenzén;
   b) pentametilbenzén?

   Szerkesszétek meg molekuláik szerkezeti képleteit, és nevezzétek meg őket!

105. Ábrázoljátok a benzén három nem ciklikus szénhidrogén izomerje molekulájának szerkezeti képletét!

106. Állítsátok össze azoknak az izomereknek a képleteit, amelyeknek a molekulái benzéngyűrűt,, brómatomot és metilcsoportot tartalmaznak!

107. Határozzátok meg a szén tömegrészét a benzénben és vessétek össze ennek az elemnek az eténben lévő tömegrészével!

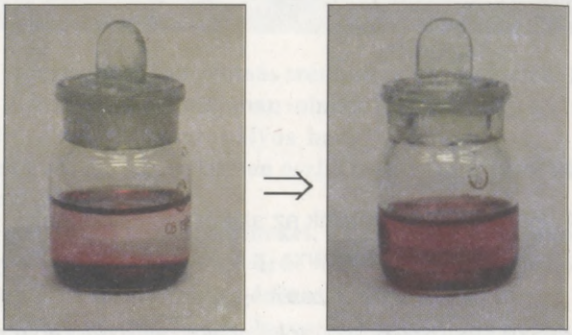
108. Írjátok le az arének képleteit (külön tüntessétek fel mindegyik típus izomerjeit), amelyekben a szén tömegrésze 90%!

13. A benzén tulajdonságai

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- megértsétek a benzén tulajdonságait;
- meggyőződjetek a benzénmolekula π-elektronrendszerének stabilitásáról.

Fizikai tulajdonságok. A benzén – színtelen, sajátságos szaggal rendelkező, illó folyadék, amely könnyebb a víznél (sűrűsége 0,88 g/cm^3). A benzén olvadáspontja +5,5 °C, forráspontja +80,1 °C. Rosszul oldódik a vízben, de jól oldódik szerves oldószerekben; oldja a jódot (34. ábra), ként, fehér foszfort, zsírokat, más szerves anyagokat.

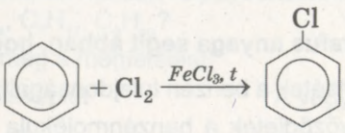


34. ábra.
Jód oldódása benzénben

Kémiai tulajdonságok. Jóllehet a benzén telítetlen vegyület, mégis jelentős kémiai passzivitást mutat. Jellemzők rá a helyettesítési reakciók, amelyek során molekulájának π-elektronrendszere (és a benzéngyűrű) megmarad. Az egyesülési és oxidációs reakciók roncsolják ezt a rendszert; a reakciók magas hőmérsékleten, ultraibolya sugárzás hatására, katalizátor jelenlétében mennek végbe.

Érdekes tudnivaló
A benzén – ez egyik legstabilabb szerves vegyület. 600 °C hőmérséklet alatt nem bomlik el.

Helyettesítési reakciók. A hidrogénatomokat a benzénmolekulában halogénatomok helyettesíthetik. A klórral és brómmal a vegyület alumínium-kloridok vagy alumínium-kloridok, vas(III), cink jelenlétében lép kölcsönhatásba[1]. Legkönnyebben a reakció első szakasza – egy hidrogénatomnak a benzénmolekulában való helyettesítése – megy végbe:



klórbenzén

(klórozási reakció).

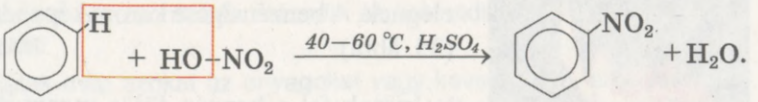
A második szakaszban 1,2-diklórbenzén és 1,4-diklórbenzén (vagy rendre *o*-diklórbenzén és *p*-diklórbenzén) képződik.

▶ Ábrázoljátok ezeknek a vegyületeknek a szerkezeti képleteit!

[1] Jóddal a benzén különleges körülmények között reagál.

A benzén kölcsönhatásba lép a tömény salétromsav és kénsav elegyével[1]. Eközben a hidrogénatomok a molekulájában nitrocsoporttal $-NO_2$ helyettesítődnek. Azt a reakciót, amely során a szerves vegyület molekulájába nitrocsoport épül be, *nitrálási reakciónak* nevezzük. Ez az atomcsoport a salétromsav HNO_3 molekulájának a része. A salétromsav képlete a következőképpen írható le: $HO-NO_2$.

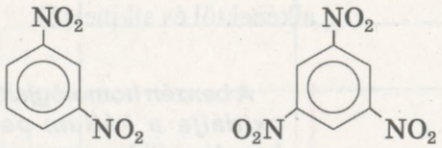
A benzén nitrálása több szakaszban megy végbe. Az első szakaszban nitrobenzén – keserű mandula illatú, sárgás, olajos folyadék – képződik:



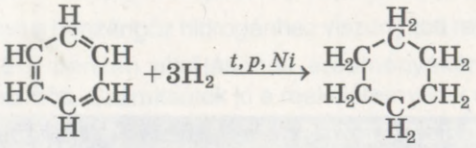
nitrobenzén

(A nitrobenzén – erős méreg, amely a központi idegrendszerre hat, és anyagcserezavarokat okoz.)

A nitrálás második szakaszának terméke az 1,3-dinitrobenzén, a harmadik szakaszé (ez nagyon lassú) – az 1,3,5-trinitrobenzén:



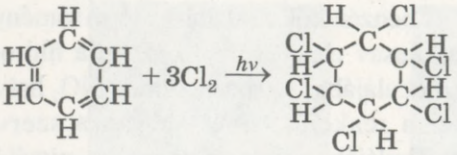
Egyesülési reakciók. A benzén mint telítetlen vegyület egyesülési reakciókba léphet. Az ilyen reakciók szigorú körülmények között mennek végbe és rombolják a molekula π-elektronrendszerét:



(hidrogénezési reakció)

ciklohexán

[1] Ezt a keveréket nitrálási elegynek nevezik. Helyette kálium-nitrát vagy nátrium-nitrát és tömény kénsav keveréke használható.



(klórozási reakció).

1,2,3,4,5,6-hexanklórciklohexán
(hexaklorán)



35. ábra.
A benzén égése

Oxidációs reakciók. A benzén, más szénhidrátokhoz hasonlóan, éghető anyag. A levegőn való égése során, a szén-dioxidon és vízen kívül kis mennyiségben szén is keletkezik. A részecskéi felizzanak a lángban (élénkké válik), majd elégnek. A benzén égése korom képződésével jár (35. ábra).

▶ Írjátok fel a benzén fölös mennyiségű oxigénben végbemenő égési reakciójának egyenletét!

A benzéngyűrű különleges stabilitásának köszönhetően a benzén iners az oxidálószerekkel szemben. A többi között nem lép reakcióba a káliumpermanganáttal. A benzén ebben különbözik az alkénektől és alkinektől.

A benzén homológjait (metilbenzént, etilbenzént) oxidálja a kálium-permanganát. Eközben a benzéngyűrű megmarad, míg a szénhidrogén gyök karboxilcsoporttá alakul:

$$C_6H_5CH_3 + 3[O] \rightarrow C_6H_5COOH + H_2O;$$

benzoát- (benzoe-) sav

$$C_6H_5C_2H_5 + 6[O] \rightarrow C_6H_5COOH + CO_2\uparrow + 2H_2O.$$

ÖSSZEGEZÉS

A benzén – színtelen, sajátságos szagú, illó folyadék, könnyebb a víznél, rosszul oldódik benne, de jól oldódik szerves oldószerekben.

A benzén eléggé passzív vegyület. Jellemzők rá a helyettesítési reakciók, amelyek során a molekula π-elektronrendszere megmarad. A π-elektronrendszert romboló egyesülési és oxidációs reakciók csak szigorú körülmények között mennek végbe.

?

109. Hogyan hatnak a feltételek a benzén klórral való reakciójára?

110. A benzén klórozási termékei között kimutattak egy vegyületet, amelynek a neve – 1,2,4 –triklórbenzén. Állítsátok össze a megfelelő reakcióegyenletet!

111. Írjátok le a benzénnitrálás második és harmadik szakaszának kémiai reakcióit!

112. Jelöljétek meg azokat az anyagokat vagy keverékeket, amelyekkel a benzén úgy reagál, hogy megmarad molekulájának π-elektronrendszere:
   a) hidrogén;
   b) bróm, $FeBr_3$ katalizátor jelenléte esetén;
   c) oxigén;
   d) tömény salétromsav és kénsav elegye.

113. Töltsétek ki a táblázatot:

	Ciklohexán	Benzén
Kémiai képlet		
A molekula szerkezeti képlete		
A szénatomok közötti kötések sajátosságai		
Fizikai tulajdonságok		
Kémiai tulajdonságok (reakcióegyenletek)		

Nevezzétek meg az eltéréseket ezeknek az anyagoknak a molekulaszerkezetében, mondjátok el, milyen tulajdonságaik vannak!

114. Milyen a benzéngőz hidrogénhez viszonyított relatív sűrűsége? (Szóban.)

115. 15,6 g benzén nitrálásának eredményeként 0,15 mol nitrobenzén képződött. Számítsátok ki a reakciótermékek relatív mennyiségét!

116. Határozzátok meg a szénhidrogén képletét, ha az elégését követően 0,6 mol szén-dioxid és 0,3 mol víz képződik. A vegyület gőzének levegőhöz viszonyított relatív sűrűsége 2,69.

117. Az acetilén és benzingőz hidrogénhez viszonyított relatív sűrűsége 23,4. Számítsátok ki a vegyületek térfogatrészét a keverékben!

14. A szénhidrogének előállítása és felhasználása

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- megtudjátok, miként állítják elő a szénhidrogéneket;
- megismerjétek a szénhidrogének alkalmazását;
- megismerjétek a szénhidrogének élettani hatását.

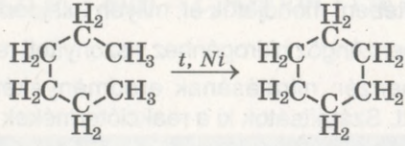
Ipari előállítás. Az iparban a szénhidrogéneket főként természetes forrásokból nyerik, mindenekelőtt földgázból és kőolajból, valamint a kőolajkísérő gázokból, a kőolaj krakkolásával (16. §), a kőszén hidrogénezésével (127. old.). Ezenkívül sok reakciót valósítanak meg nem csak szerves, hanem szervetlen anyagok bevonásával. Például szén-dioxid katalitikus hidrogénezésével állítanak elő nem elágazó molekulájú alkánokat:

$$nCO + (2n + 1)H_2 \xrightarrow{t, p, k} C_nH_{2n+2} + nH_2O.$$

Eközben szénhidrogén-keverék képződik.

▶ Írjátok fel a hexán szén(II)oxidból és hidrogénből való előállításának reakcióegyenletét!

Az alkánok nyersanyagul szolgálnak ciklikus, telítetlen és aromás szénhidrogének előállításához:



n-hexán ciklohexán

$$CH_3{-}CH_2{-}CH_3 \xrightarrow{t, k} CH_3{-}CH{=}CH_2 + H_2.$$

A hidrogén vegyületekről való lehasításának reakcióját *dehidrogénezési reakciónak* nevezzük.

Az alkánok termikus bontásakor a szénatomok közötti kötések felhasadhatnak; eközben rövidebb molekulájú szénhidrogének keveréke képződik (48. old.):

$$\underset{\text{hexán}}{C_6H_{14}} \xrightarrow{t} \underset{\text{propán}}{C_3H_8} + \underset{\text{propén}}{C_3H_6}.$$

Az alkinek között iparilag az etint állítják elő legnagyobb mennyiségben. Az úgynevezett karbid módszer a kalcium-karbid vízzel való reakcióján alapul (a módszert 1862-ben dolgozták ki):

$$CaC_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2\uparrow.$$

A reakció eredményeként képződő kalcium-karbidot villamos kemencékben állítják elő szénből és mészből igen magas hőmérsékleten:

$$CaO + 3C \xrightarrow{1900\ ^\circ C} CaC_2 + CO\uparrow.$$

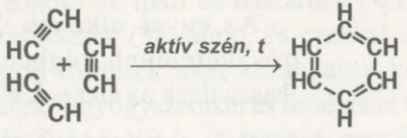
Az etin előállításának korszerű módszere a metán termikus bontását jelenti:

$$2CH_4 \xrightarrow{1500\ ^\circ C} C_2H_2 + 3H_2.$$

Az aromás szénhidrogéneket hevítéssel állítják elő olyan telített szénhidrogénekből, amelyek molekuláiban hatnál több szénatom található, és a reakcióban katalizátor van jelen.

▶ Írjátok le a benzén *n*-hexánból való előállításának reakcióegyenleteit!

Arének akkor is képződnek, amikor etént vagy valamely homológját bocsátják át aktív szén vagy más katalizátorok fölött ≈ 600 °C hőmérsékleten:



Ilyen reakcióval nem állítanak elő benzént iparilag.

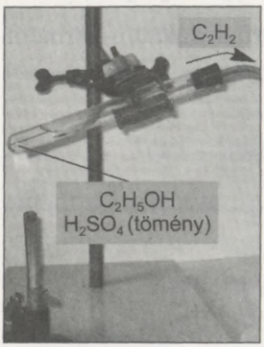
Laboratóriumi előállítás. Alkánokat laboratóriumi körülmények között úgy is elő lehet állítani, hogy

víztelenített karbonsavak és lúgok keverékét hevítik. Eközben olyan szénhidrogén keletkezik, amelynek a molekulája egy szénatommal kevesebbet tartalmaz, mint a sav, amelynek a só a származéka:

$$\underset{\text{nátrium-acetát}}{CH_3COONa} + NaOH \xrightarrow{t} \underset{\text{metán}}{CH_4\uparrow} + Na_2CO_3.$$

Az alkánokat úgy is előállítják, hogy klór-, bróm-, jódalkánokat reagáltatnak aktív fémekkel – nátriummal, magnéziummal, lítiummal:

$$CH_3Cl + 2Na + ClCH_3 \rightarrow CH_3{-}CH_3 + 2NaCl.$$



36. ábra. Etén laboratóriumi előállítása

Ezt a reakciót Charles-Adolphe ***Wurtz*** francia vegyész fedezte fel 1855-ben. Wurtz reakciójával állítják elő a molekulájukban a kiindulási vegyületekénél több szénatomot tartalmazó alkánokat. Ezt a reakciót szimmetrikus alkánok előállítására használják.

Analóg reakciókkal állítják elő a cikloalkánokat:

$$\underset{\text{1,4-diklórbután}}{\begin{matrix}H_2C{-}CH_2Cl\\ |\\ H_2C{-}CH_2Cl\end{matrix}} + Zn \rightarrow \underset{\text{ciklobután}}{\begin{matrix}H_2C{-}CH_2\\ |\quad\ |\\ H_2C{-}CH_2\end{matrix}} + ZnCl_2.$$

Az alkének alkoholok dehidratációjával (36. ábra)

$$CH_3{-}CH_2OH \xrightarrow{t,\ H_2SO_4\ (tömény)} CH_2{=}CH_2 + H_2O$$

vagy alkánok halogénszármazékainak és lúgok alkoholos oldatának a reagáltatásával állíthatók elő:

$$CH_3{-}CH_2{-}CH_2Cl + KON\ (alk.\ oldat) \rightarrow CH_3{-}CH{=}CH_2{+}KCl + H_2O.$$

Az egyes alkének dihalogén-származékainak részvételével végbemenő hasonló reakciókat használnak az alkánok előállítására.

▶ Írjátok le a propin 1,2-dibrómpropánból való előállításának reakcióegyenletét!

Az etént laboratóriumban kalcium-karbiból állítják elő (27. ábra).

Arének különböző módszerekkel állíthatók elő:

$$C_6H_5\text{–}Cl + 2Na + Cl\text{–}CH_2\text{–}CH_3 \rightarrow C_6H_5\text{–}C_2H_5 + 2NaCl;$$

klórbenzén klóretán etilbenzén[1]

$$C_6H_6 + C_2H_5Cl \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_5\text{–}C_2H_5 + HCl;$$

$$C_6H_6 + CH_2{=}CH_2 \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_5\text{–}C_2H_5.$$



37. ábra.
Propán-bután keverék tárolására szolgáló tartálygépkocsi üzemanyagtöltő állomáson



38. ábra.
Freon $CHClF_2$ tárolására szolgáló palack

Alkalmazás. A szénhidrátokat széleskörűen felhasználják különböző célokra. Ezek a vegyületek gáznemű és cseppfolyós üzemanyag, tüzelőanyag (37. ábra) előállítására és sok szerves anyag, lakkok, festékek oldószereinek gyártására szolgálnak.

A molekulájukban 5–20 szénatomot tartalmazó *alkánok* a benzin, petróleum, gázolaj, petróleum-éter összetevői. A paraffin szilárd halmazállapotú alkánokat tartalmaz, amelyeknek a molekuláiban 18–35 szénatom található, míg a vazelin egyes cseppfolyós és szilárd alkánok keveréke.

Fontos gyakorlati jelentőségük van a metán és etán *halogénszármazékainak*. A triklórmetán (kloroform), tetraklórmetán, 1,2-diklóretán zsírok, kenőanyagok, polimerek oldószerei. A kloroformot korábban érzéstelenítésre használták, de ma már nem alkalmazzák, mert toxikus hatású. A klóretánt és a $CHBrCl - CF_3$ képletű vegyületet általános érzéstelenítésre használják műtéteknél. A metán és etán fluorszármazékait (freonok) az ipari és háztartási hűtőgépekben alkalmazzák (38. ábra), és ezekkel a vegyületekkel töltötték meg korábban a kozmetikai szereket, gyógyszereket és festékeket tartalmazó szóróflakonokat is. A freonok nem károsak az egészségre, de rombolják a Föld ózonpajzsát.

[1] A következő mellékreakciók is lehetségesek: $2C_6H_5Cl + 2Na \rightarrow C_6H_5\text{–}C_6H_5$ (difenil) $+2NaCl$; $2C_2H_5Cl + 2Na \rightarrow C_4H_{10}\text{–}2NaCl$

Ezért fokozatosan környezetbarát vegyületekkel cserélik fel őket.

A cikloalkánokat a gyógyszerek, illatszerek és oldószerek gyártásában használják. Ezek a vegyületek fontos vegyipari alapanyagok, műrostokat állítanak belőlük elő. A ciklohexán $C_6H_6Cl_6$ klórszármazékát (hexaklorán) korábban a mezőgazdaságban rovarkártevők irtására használták. Manapság tiltott a használata az erős toxikussága miatt.

Gyakorlati szempontból a legfontosabb *alkén* az etén és propén, belőlük állítják elő a polietilén és polipropilén nevű polimereket.

Legfontosabb *alkin* gyakorlati szempontból az etin (acetilén). Sok szerves vegyület – köztük az etilalkohol, ecetsav, polimerek, szerves oldószerek – gyártásának a kiindulási anyaga. Ezt a gázt fémek hegesztésére és vágására használják.

Legnagyobb gyakorlati jelentősége az *aromás szénhidrogének* közt a benzénnek van, amelyet széleskörűen alkalmaznak ipari oldószerként. Alapanyagként szolgál robbanóanyagok, színezékek, gyógyszerek, kártevők, növénybetegségek elleni szerek és más szerves vegyületek gyártásában. A metilbenzént (toluén) lakkok, nyomdafestékek, benzoésav, robbanóanyagok, gyógyszerek és oldószerek előállítására használják. A vinilbenzénből $C_6H_5–CH=CH_2$ polimereket – polisztirolt és szintetikus kaucsukot – gyártanak.

Élettani hatás. Csak a szilárd halmazállapotú szénhidrátok veszélytelenek az emberi egészségre nézve (a paraffint a gyógyászatban alkalmazzák). A cseppfolyós és gáznemű alkánok károsan hatnak a központi idegrendszerre. A metán tartós belégzés esetén mérgezést okoz, ami halálos is lehet. Azért, hogy észlelhető legyen a nyitva hagyott gázcsapból vagy megrongálódott földgázvezetékből a levegőbe kerülő metán, a gázvezetékekbe igen kellemetlen szagú vegyületeket juttatnak; ezeket merkaptánoknak

nevezzük. Azokat a helyiségeket, amelyekben földgázt használunk, gyakran kell szellőztetni.

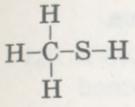
A cikloalkánok a szervezetre történő hatásukat tekintve az alkánokra hasonlítanak.

Az alkének és alkinek irritálják a légutak nyálkahártyáját, vérkeringési zavarokat okoznak, kedvezőtlenül hatnak az idegrendszerre.

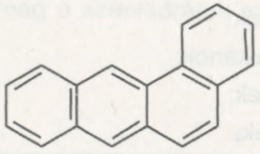
Az arének igen mérgezőek. Gőzeik erdőtüzek, a kőolaj, üzemanyagok párolgása, szemétégetés során kerülnek a levegőbe. A benzén és metilbenzén irritálja a bőrt, káros elváltozásokat okoz a vér összetételében, károsítja az idegrendszert.

Érdekes tudnivaló

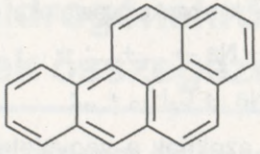
A metilmerkaptán szerkezeti képlete –



Egyes arének rákot okoznak, azaz kancerogének:



1,2-benzantracén



1,2-benzopirén

Ezeket a vegyületeket a dohányfüst, a kőszéngyanta, az aszfalt tartalmazza.

ÖSSZEGEZÉS

Az iparban a szénhidrogéneket földgázból és kőolajkísérő gázokból, kőolajból és kőszénből állítják elő. Ebből a célból különböző típusú kémiai reakciókat valósítanak meg szerves és szervetlen vegyületek részvételével.

A szénhidrogének laboratóriumi előállítása halogénszármazékaik aktív fémekkel (Wurtz-féle reakció), karbonsavak sóinak lúgokkal való reagáltatásán, alkoholok dehidratálásán, alkánok termikus bontásán alapul.

Szénhidrogének és keverékeik képezik az üzemanyagok és tüzelőanyagok alapját, sok szerves anyag előállítására használják, oldószerekként alkalmazzák őket.

Majdnem mindegyik szénhidrogén toxikus.

?

118. Írjátok ki a paragrafusból azokat a reakciókat, amelyek eredményeként a következők képződnek:

a) alkánok;

b) cikloalkánok;

c) alkének;

d) alkinek;

e) arének!

119. Egészítsétek ki a reakcióvázlatokat és állítsátok fel a reakcióegyenleteket:

a) $CH_3I + Na \rightarrow ... + ...$;

b) $... + Na \rightarrow C_4H_{10} + ...$;

c) $C_2H_5COOK + ... \xrightarrow{t} C_2H_6 + ...$;

d) $CO + ... \xrightarrow{t, p, k} C_5H_{12} + H_2O$.

120. Írjátok fel azoknak a vegyületeknek a képleteit és elnevezéseit, amelyekből a Wurtz-féle reakció eredményeként a következők képződhetnek:

a) *n*-hexán;

b) 2,3-demetilbután;

c) 2,2,5,5-tetrametilhexán!

121. Határozzátok meg, milyen termékek képződtek az átalakulások során, és írjátok le a megfelelő kémiai egyenleteket: corespunzătoare:

a) $C_2H_6 \rightarrow C_2H_5Br \rightarrow C_4H_{10} \xrightarrow[\text{izomerizáció}]{AlCl_3} ... \xrightarrow[\text{1. szakasz}]{+Br_2} ... \xrightarrow{+2Na} \rightarrow$ alkán;

b) *n*-hexán $\xrightarrow[\text{izomerizáció}]{AlCl_3}$ ... bután $\xrightarrow[\text{1. szakasz}]{+Cl_2}$ ... $\xrightarrow{+2Na}$ alkán 1;

... bután $\xrightarrow[\text{1. szakasz}]{+Cl_2}$ ... $\xrightarrow{+2Na}$ alkán 2.

122. Írjátok fel az alábbi vegyületek képződésének reakcióvázlatait:
a) ciklopentán pentánból;
b) ciklopropán diklóralkánból!

123. Milyen vegyület képződik cink és 1,4-diklórpentán kölcsönhatása során? Írjátok le a megfelelő reakcióegyenletet!

124. Írjátok le azokat a kémiai egyenleteket, amelyek az alábbi átalakulásokat ábrázolják, és mutassatok rá a reakciók lefolyásának feltételeire:
a) $CaCO_3 \rightarrow CaC_2 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow C_6H_6 \rightarrow C_6H_5Br$;
b) but-2-én → 2-klórbután → 3,4-dimetilhexán.

125. A 8% szennyezőanyagot tartalmazó 25 m^3 (n. k. k.) acetilénből 16 kg benzént állítottak elő. Számítsátok ki a relatív benzénhozamot!

126. A propán dehidrogénezési reakciója után három gáz keverékét kapták, miközben a szénhidrát kiindulási mennyiségének 80%-a elbomlott. Számítsátok ki a gázok térfogatrészeit a kapott keverékben!

127. 0,2 mol anyagmennyiségű etint izzó szén fölött engedtek át, a kapott gáznemű elegyet pedig – fölös mennyiségben vett brómos vízen. 16 g bróm reagált. Határozzátok meg a szénhidrátok térfogatarányát az elegyben!

15. A szénhidrogénekről szóló ismeretek összegezése

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- összegezzétek a szénhidrogének csoportosításával kapcsolatos ismereteket;
- felidézzétek a szénhidrogének neveinek képzésére vonatkozó szabályokat;
- felidézzétek a szénhidrogén-molekulák térszerkezetét és izomerjeinek típusait;
- megindokoljátok a szénhidrogének fizikai és legfontosabb kémiai tulajdonságait.

Részletesen megismerkedtetek a szerves kémia alapját képező vegyületekkel. Általános elnevezésük – szénhidrogének. Ezen vegyületek mindegyikét két elem – szén és hidrogén – képezi. Összegezzük és álta-

lánosítjuk a szénhidrogénekről szóló ismereteket, és kiemeljük a lényeget.

Osztályozás. A szénhidrogéneket, más szerves vegyületekhez hasonlóan, molekuláik *szénláncának szerkezete* szerint két nagy csoportba sorolják. Az egyik csoportba a nyílt szénláncú (elágazó vagy nem elágazó), a másikba a zárt láncú vegyületek tartoznak.

▶ Írjátok le a C_4H_n összetételű, különböző szénlánc-szerkezetű szénhidrogének molekuláinak szerkezeti képleteit!

A másik osztályozási mód a szénatomok közötti *kovalens kötések tulajdonságain* alapul. Azokat a vegyületeket, amelyek molekuláiban nincsenek többes (kettős, hármas) kötések, telített szénhidrogéneknek nevezzük, míg ha ilyenek vannak, akkor telítetlen szénhidrogénekről beszélünk.

▶ Nevezzétek meg a szénhidrogéneknek azokat a csoportjait, amelyeknek a molekulái: a) csak egyszeres kötéseket; b) egyszeres kötéseket és egy kettős kötést; c) egyszeres kötéseket és egy hármas kötést tartalmaznak!

Az egymással váltakozó kettős és egyszeres kötéseket tartalmazó szénhidrogén-molekula egységes π-elektronrendszert képez. Ismeritek a benzén[1] nevű vegyületet, amelynek ciklikusak a molekulái[1].

Elnevezések. A feltárt szerves vegyületek számának gyors növekedése és sokuk többféle elnevezése a vegyületek átfogó, szisztematikus nevezéktanának (nómenklatúrájának) kidolgozására sarkallta a vegyészeket. Ennek megfelelően minden egyes vegyületnek csak egy elnevezés felel meg, amelyben benne van a molekula szerkezetére vonatkozó információ. A szénhidrogén nevének előtagjában

[1] A molekuláikban egységes π-elektronrendszert tartalmazó vegyületekhez tartozik a buta-1,3-dién $CH_2=CH-CH=CH_2$ (78. old).

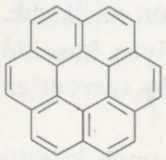
feltüntetik a szénláncban vagy a ciklusban lévő gyökök elnevezését, számát és helyzetét. Az előtag lehetővé teszi annak megállapítását, hogy nyílt vagy zárt a szénlánc. A szénhidrogén elnevezésének gyöke a fő szénláncban vagy a ciklusban lévő szénatomok számát mutatja, míg a képző a többes kötések típusát és számát jelöli. Az elnevezésben számokkal jelölik a gyökök, kettős és hármas kötések helyét a molekulában.

▶ Nevezzétek meg azt a szénhidrogént, amelynek a molekulájában négy szénatom, két metilgyök és egy hármas kötés van. Ábrázoljátok a vegyület molekulájának szerkezeti képletét!

A molekula térszerkezete. A szénhidrogének molekuláiban lévő szénatomok elektronjainak egy része hibrid elektronpályákon található. Az sp^3-elektronpályák (ezek majdnem minden szénhidrogén molekuláiban megtalálhatók) 109° 28′ fokos szöget zárnak be egymással, míg az sp^2-elektronpályák (az alkének és arének molekuláiban) 120°-os szöget, az *sp*-elektronpályák (az alkánok molekuláiban) 180°-os szöget. Az első esetben a molekula megfelelő „szénfragmentuma” ($\overset{|}{\underset{|}{C}}$) tetraéder alakú, a másodikban – egy síkban ($>C=C<$), a harmadikban – egy vonalban (–C≡C–) található. Az arénmolekulák szénatomjainak egyes elektronjai a nem hibrid *p*-elektronpályákon helyezkednek el. Az általuk kialakított π-elektronrendszer határozza meg a szénciklusok síkszerkezetét.

Érdekes tudnivaló

A $C_{24}H_{12}$ szénhidrogénmolekula (koronén) azsúr szerkezetű konstrukcióra hasonlít:



▶ Jellemezzétek a propénmolekulában lévő kémiai kötést, a szénatom elektronpályáinak hibridizációját és az atomok térbeli helyzetét!

Izoméria. A szénhidrogének tanulása során megtudtátok, hogy közöttük vannak azonos összetételű, de különböző szerkezetű vegyületek. Ezt a jelenséget izomériának, a megfelelő vegyületeket pedig izomereknek nevezzük.

Az izoméria két típusát – a *szerkezeti* és *térizomériát* – különböztetik meg.

A szerkezeti izomer szénhidrogének molekuláik szénláncának szerkezetében, a gyökök és többes kötések elhelyezkedésében különböznek egymástól. Az ilyen izomerek egy része különböző, de azonos általános képletű szénhidrogéncsoportokhoz tartozik (például a cikloalkánokhoz és alkénekhez).

A cikloalkánok és alkének között előfordulnak térizomerek. Az ilyen izomerek molekuláiban egyes atomok és atomcsoportok térbeli helyzete különböző a szénciklushoz (a cikloalkánokban) vagy kettős kötésekhez (az alkénekben) viszonyítva. Ezekben az esetekben megkülönböztetnek mértani vagy *cisz-* és *transz*-izomériát.

Érdekes tudnivaló
Léteznek olyan izomerek (tükörizomerek), amelyek molekulái úgy különböznek egymástól, mint a bal tenyér a jobbtól.

▶ Az izoméria milyen típusai léteznek a C_4H_8 képletű vegyületek esetében? Írjátok le molekuláik szerkezeti képleteit!

A szénhidrogének molekulaszerkezete kihat a vegyületek tulajdonságaira.

Fizikai tulajdonságok. A szénhidrogének homológ soraiban az olvadás- és forráspont a vegyületek molekulatömegének növekedésével együtt emelkedik. Ez általános törvényszerűség bármilyen hasonló összetételű és szerkezetű szerves és szervetlen vegyületek esetében.

Mivel a szénatomok és hidrogénatomok közötti kötéseknek jelentéktelen a polaritásuk, és a szénhidrogén-molekulák majdnem apolárosak, így ezek a vegyületek gyakorlatilag oldhatatlanok a vízben.

Kémiai tulajdonságok. Minden szénhidrogén szén-dioxid és víz képződésével ég fölös mennyiségű oxigénben, míg levegő kizárása melletti hevítéskor a szénhidrogének elbomlanak. A bomlási termékek között előfordulnak egyszerű anyagok – szén és hidrogén, valamint más szénhidrogének.

A szénhidrogének kémiai tulajdonságainak többsége a molekulák szénatomjai közötti kovalens kötések sajátosságaitól függ.

A telített szénhidrogénekre jellemzők a helyettesítési reakciók. A halogénekkel való kölcsönhatás (*halogénezési* reakciók) során a hidrogénatomok a szénhidrogének molekuláiban halogénatomokkal helyettesítődnek.

A telítetlen szénhidrogének egyesülési (addíciós) reakciókba lépnek. A molekuláikhoz a π-kötések felhasadása következtében hidrogénmolekulák (*hidrogénezési* reakció), halogénmolekulák (*halogénezési* reakció), halogénhidrogén-molekulák, vízmolekulák (*hidratációs* reakció) kapcsolódnak. Ezenkívül a telítetlen szénhidrogének *polimerizációs* reakciókba léphetnek.

Az atomok egymás közötti kölcsönhatásának példáival a szénhidrogének molekuláiban a halogénhidrogének és víz aszimmetrikus alkénekkel való addíciós reakcióinak tanulása során ismerkedtetek meg (74. old.).

▶ Írjátok le a hidrogén-klorid és propén addíciós reakciójának egyenletét, és magyarázzátok meg! Milyen szabály alapján jelezhető előre ennek a reakciónak a terméke?

Az egységes π-elektronrendszer létezése a benzéngyűrűben megnehezíti az arének egyesülési reakciókba való lépését. Ezekre a szénhidrogénekre a helyettesítési reakciók jellemzők.

A szénhidrogének összetételéről, kémiai tulajdonságairól és előállításuk módjairól bővebben a *Függelékben* (318–329. old.) olvashattok.

ÖSSZEGEZÉS

A szénhidrogéneket különböző szempontok szerint osztályozzák. Megkülönböztetnek közöttük a molekuláikban nyílt és zárt szénláncot tartalmazó vegyületcsoportokat. A szénatomok közötti kémiai

kötések tulajdonságait tekintve megkülönböztetnek telített és telítetlen, valamint aromás szénhidrogéneket.

Minden szénhidrogénnek szisztematikus elnevezése van, amely tükrözi molekulájának a szerkezetét.

A szénhidrogének izomériájának két típusa létezik – szerkezeti és térizoméria.

A szénatomok vegyértékelektronjai a szénhidrogénmolekulákban különféle térbeli helyzetű hibrid elektronpályákon találhatók. Az arénmolekulákban egységes π -elektronrendszer létezik.

A szénhidrogének viselkedése a kémiai reakciókban molekuláik szénatomjai közötti kötések jellegétől függ.

?

128. Egészítsétek ki a C_7... alkánképletet, C_8... alkénképletet, C_5... cikloalkánképletet... , C_6... arénképletet!

129. Ábrázoljátok a but-2-én, propin, benzén molekuláinak szerkezeti képleteit! Jellemezzétek a kémiai kötéseiket, szénatomjaik elektronpályáinak hibridizációját!

130. Egészítsétek ki a reakcióvázlatokat a termékekkel, és keressétek meg a megfelelést!

Reakcióvázlatok	Reakciótípus
1) $CH_3Cl + Cl_2 \rightarrow$ ...	a) hidrogénezés;
2) $C_2H_2 + H_2 \rightarrow$ ...	b) halogénezés;
3) $C_2H_4 + H_2O \rightarrow$ ...	c) égés;
4) $C_2H_4 + Br_2 \rightarrow$ ...	d) hidratálás;
5) $C_6H_5CH_3 + O_2 \rightarrow$ ...	e) nitrálás;
6) $C_6H_6 + HO–NO_2 \rightarrow$ ...	f) helyettesítés;
	g) egyesülés (addíció)!

131. Írjatok le egy-egy dehidratálási, polimerizációs, teljes és nem teljes oxidálási reakcóegyenletet szénhidrátok részvételével!

132. Állítsátok össze az átalakulások reakcióegyenleteit, és jellemezzétek mindegyik reakció lezajlásának a feltételeit:

$CH_4 \rightarrow CH_3Br \rightarrow C_2H_6 \rightarrow C_2H_4 \rightarrow C_2H_5Cl \rightarrow C_4H_{10} \rightarrow C_4H_8 \rightarrow C_4H_8Br_2$.

133. Nevezzétek meg a 90% tömegrész szenet tartalmazó, a megfelelő homológ sor második helyén álló szénhidrogént!

134. Számítsátok ki és hasonlítsátok össze a szén tömegrészét az alkánok, cikloalkánok, alkének, alkinek, arének homológ sorainak első tagjai esetében!

135. 1 mol arén elégetése nyomán 7 mol szén-dioxid keletkezett. Ábrázoljátok az arénmolekula szerkezeti képletét!

136. Határozzátok meg az elágazó szénláncú szénhidrogén képletét, ha gőzének hidrogénhez viszonyított sűrűsége 34, a vegyület molekulája egy többes kötést tartalmaz és két klórmolekulát addícionálhat. Ábrázoljátok ezen szénhidrogén molekulájának szerkezeti képletét!

137. A keverék két aromás szénhidrogénből áll. Benne mindegyik vegyület anyagmennyisége 1 mol. A keverék elégetése és égéstermékeinek fölös mennyiségű mészvizen való átbocsájtása után 13 mol csapadék képződött. Számítsátok ki a gáznemű kiindulási keverék hidrogénhez viszonyított relatív sűrűségét! Írjátok le a megfelelő reakciók egyenleteit!

3. rész

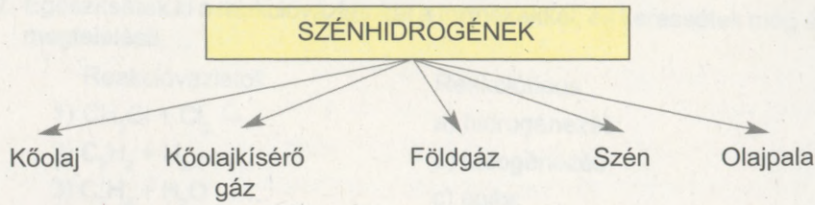
A szénhidrogének természetes forrásai és feldolgozásuk

A szerves vegyületek közül legnagyobb mértékben a szénhidrogéneket alkalmazzák.

A szénhidrogéneknek több természetes forrása létezik (5. vázlat). A készleteik azonban végesek bolygónkon.

5. vázlat

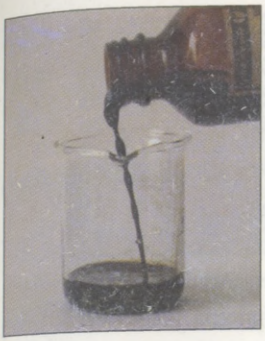
A szénhidrogének természetes forrásai



16. A szénhidrogének természetes forrásai

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- megismerjétek a kőolaj összetételét és tulajdonságait;
- ismereteket szerezzetek a földgázról és kőolajkísérő gázokról, szénről, olajpaláról;
- elképzelést alkossatok a szénhidrogének természetes forrásainak kiaknázásáról.



39. ábra.
Kőolaj



40. ábra.
A kőolaj égése

A **kőolaj** telített (alkánok, cikloalkánok) és aromás szénhidrogének keveréke. Ebben legnagyobb mennyiségben (a kőolaj tömegének 80–90%-a) cseppfolyós szénhidrogének találhatók. A cseppfolyós szénhidrogének csekély mennyiségű oldott szilárd halmazállapotú és gáznemű szénhidrogéneket, oxigén-, nitrogén- és kéntartalmú vegyületeket tartalmaznak. A kőolajban előfordul víz és egyes szervetlen anyagok is.

A kőolaj sötét színű, olajszerű, specifikus szaggal rendelkező folyadék (39. ábra). Könnyebb a víznél (a sűrűsége 0,82–0,95 g/cm^3), és nem oldódik benne. Természetes körülmények között a kőolaj stabil inhomogén elegyet – emulziót – képez a vízzel. A kőolaj sok szerves oldószerben oldódik, mindenekelőtt a cseppfolyós szénhidrogénekben. A kőolaj éghető anyag (40. ábra).

A kőolajnak, más keverékekhez hasonlóan, nincs meghatározott forráspontja. Már csekély melegítés (30–60 °C) hatására forrni kezd, magas hőmérsékleten a folyamatot a kőolaj vegyületeinek fokozatos bomlása kíséri.

A kőolaj keletkezésével kapcsolatban két elmélet létezik. Legelterjedtebb a szerves eredetelmélet, míg a másik a szervetlen vagy ásványi keletkezés hipotézise. A szerves keletkezéselmélet szerint a kőolaj több millió éven át keletkezett a Föld méhében planktonok, növények, állatok maradványaiból, amelyek nagy nyomáson és magas hőmérsékleten szénhidrogénekké alakultak. Az ásványi keletkezés-hipotézisnek megfelelően a kőolaj szénhidrogénjei fémes elemek karbidjainak és víznek, valamint szén(II)oxidnak a Föld méhében végbemenő reakciói nyomán jöttek létre.

Ukrajnában jelentős kőolajlelőhelyek találhatók. Az éves kőolaj-kitermelés átlagosan 3 millió tonnát (2009-ben 2,9 millió tonnát) tesz ki, ami az ország szükségleteinek közel 10%-a.

A világ kőolajkészletei gyors ütemben fogynak, és már a következő évszázadban kimerülhetnek. Ezért a

Érdekes tudnivaló

A szénre jut az összes éghető ásvány közel 80%-a.

kutatók olyan technológiákat dolgoznak ki, amelyek segítségével cseppfolyós üzemanyag állítható elő más nyersanyagokból, így a Földön bőven előforduló kőszénből.

Kőolajból az üzemanyagokon kívül oldószereket, polimer-alapanyagokat, gyógyszereket, a növényeket betegségektől és kártevőktől védő szereket állítanak elő.

A **földgázt** ismeritek a mindennapokból. Helyiségek fűtésére és főzésre egyaránt használják. A földgázt üzemanyagként alkalmazzák az iparban, villamos erőművekben, sűrített állapotban (200–250 atm. nyomáson) gépkocsi-üzemanyagként használják. Ezenkívül értékes vegyipari nyersanyag.

A földgáz fő összetevője a metán (térfogatrésze 85–99%). Keverékanyagként jelen van benne etán, más könnyű szénhidrogének, nitrogén, szén-dioxid, kénhidrogén.

A földgáz tulajdonságai majdnem ugyanolyanok, mint a metánéi. Éghető, levegővel való keveréke robbanásveszélyes.

Ukrajnában a föld méhében több földgáz van, mint kőolaj. Évente mintegy 20 milliárd m^3-t termelnek ki belőle (2009-ben 20,3 milliárd m^3 volt a kitermelés), ami az ország ipari, energetikai és lakossági szükségleteinek 1/5-e.

Kőolajkísérő gáz – a lelőhelyeken a kőolajjal együtt előforduló gáznemű szénhidrogének. Minőségi összetételét tekintve a kőolajkísérő gáz a földgázra emlékeztet, de kevesebb metán (30–40% térfogatrész) és több etán, valamint szénhidrát van benne.

Ennek a gáznak egy része a kőolajban van feloldva. Amikor a kőolajat a felszínre hozzák a föld méhéből, csökken a nyomása, a gázok oldhatósága csökken, és távoznak a kőolajból.

A kőolajkísérő gázból a földgázfeldolgozó üzemekben metánt, etánt, propánt, butánt és gázbenzint (cseppfolyós C_5–C_{11} szénhidrátokat tartalmaz) állítanak elő.



41. ábra.
Antracit



42. ábra.
Olajpala

A **szén** szilárd éghető ásvány, amely több millió évvel ezelőtt képződött a Föld méhében hatalmas mennyiségű növényi masszából. A szén sok elemi szenet tartalmazó szerves anyagok és egyes szervetlen anyagok keveréke. A szenet tüzelőanyagként alkalmazzák (a hőenergetikában, iparban, ritkábban a háztartásokban), egyes fajtáiból kokszot, éghető gézkeverékeket és egyes szerves anyagokat állítanak elő.

A szén három fajtája létezik: antracit (41. ábra), kőszén és barnaszén. Az elemi szén tömegrésze az antracitban a legnagyobb (94–97%), a barnaszénben a legkisebb (a víz eltávolítása után – 64–80%).

Ukrajna gazdag szénkészletekben. Legnagyobb kőszénlelőhelyek Donyeck és Luhanszk megyékben találhatók. Jóval kevesebbet termelnek ki belőle a Lemberg-Volhínia medencében. A barnaszénlelőhelyek a Dnyipropetrovszki, míg az antracitlelőhelyek Donyeck megyében összpontosulnak.

A lelőhelyek szénrétegei között földgáz (metán) is található. Kis mennyiségét üzemanyagként használják fel, a többit a légkörbe engedik. Annak ellenére, hogy a bányákban állandóan ellenőrzik a metántartalmat, előfordulnak bányászéleteket követelő sújtólégrobbanások.

A „széngáz" Ukrajna hőenergetikai ágazatának fontos tartalék üzemanyaga. Éves kitermelésének a mennyisége több milliárd köbmétert tehet ki.

Az olajpala olyan kőzet, amely szerves és szervetlen anyagokat tartalmaz (42. ábra). Szerves összetevője az állati és növényi maradványok föld alatti tartós átalakulásának a terméke. Az olajpalában a

különböző anyagok tömegrésze (százalékban) a következő: szén – 60–78, hidrogén – 7–10, oxigén – 10–20, kén – 1,5–11. Az olajpalát tüzelőanyagként alkalmazzák. Ezenkívül hőmegmunkálással éghető gázokat, gázbenzint, gyantákat állítanak elő belőle.

Az olajpala lelőhelyeit tekintve Ukrajna harmadik helyen áll Európában.

5. SZ. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET

Ismerkedés különböző üzemanyagokkal

Vizsgáljátok meg az üzemanyagok mintáit, és töltsétek ki a táblázatot:

Üzemanyagfajta	Külalak	Alkalmazási terület

ÖSSZEGEZÉS

Szénhidrogének előfordulnak a természetben. Forrásaik a kőolaj, földgáz és kőolajkísérő gáz, szén, olajpala.

A kőolaj elsősorban cseppfolyós szénhidrogének keveréke. A földgáz és kőolajkísérő gázok fő összetevője a metán. A szénben sok anyag, mindenekelőtt szerves anyagok találhatók Az elemi szén tömegrésze a szén fajtájától függően 64–97%.

A szénhidrogének természetes forrásai és feldolgozásuk termékei üzem- és tüzelőanyagokként szolgálnak; szerves anyagokat is előállítanak belőlük.

?

138. Milyen szénhidrogéneket tartalmaz a kőolaj?

139. Miért nincs a kőolajnak meghatározott sűrűsége és forráspontja?

140. Hasonlítsátok össze a földgáz és kőolajkísérő gázok összetételét!

141. Egy lelőhelyen a földgáz 94% metánt, 2% etánt, 2% propánt (térfogatrészek) és nitrogént, valamint szén-dioxidot tartalmaz. Mekkora térfogat levegő szükséges 1 m^3 ilyen gáz elégetéséhez?

142. 10 g antracit fölös mennyiségben vett oxigénben történő elégetése következtében 18 l szén(IV)oxid (n. k. k.) képződik. Határozzátok meg az elemi szén tömegrészét az antracitban!

143. 1 kg földgáz elégetése nyomán 44 000 kJ hő képződik. Mekkora hőmennyiség nyerhető 1 l ilyen gáz (n. k. k.) elégetésével? Feltételezzük, hogy a földgáz csak metánt tartalmaz!

17. Kőolaj-feldolgozás

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- megismerjétek a kőolajlepárlást és termékeit;
- ismereteket szerezzetek a kőolaj krakkolásáról;
- megtudjátok, mi az oktánszám.

A kőolaj-feldolgozás fő célja a benzin és más üzemanyagok előállítása. Ezenkívül a kőolaj – a vegyipar értékes nyersanyaga.



43. ábra.
Kőolaj-feldolgozó üzem Odesszában

Ukrajna legnagyobb kőolaj-feldolgozó vállalatai Kremencsukban, Liszicsanszkban, Herszonban, Odesszában (43. ábra), Drohobicsban, Lembergben, Nadvirnijben (Ivano-Frankivszk megye) található. Ezekben az üzemekben mintegy 50 féle kőolajterméket állítanak elő.

A nyersolajat feldolgozás előtt víztelenítik, kivonják belőle a sókat[1] és az illó szénhidrogéneket (propánt, butánt).

[1] A kloridok erős korróziót okoznak a kőolajipari létesítményekben.

Megkülönböztetünk *elsődleges és másodlagos kőolaj-feldolgozást*. Az elsődleges kőolaj-feldolgozás alapját a lepárlás képezi, a másodlagos feldolgozás során a szénhidrogének molekula-összetételét és -szerkezetét megváltoztató reakciókat hajtanak végre.

Kőolajlepárlás. Tudjátok, hogy a kőolaj olyan keverék, amelyben a szénhidrogének vannak túlsúlyban. Minden vegyületnek meghatározott forráspontja van. Vagyis a kőolaj hevítésével fokozatosan kinyerhetők belőle az egyes vegyületek gáznemű állapotban. Az iparban ezzel a módszerrel, azaz lepárlással keverékeket állítanak elő a kőolajból oly módon, hogy az elegyet bizonyos hőmérsékleti tartományban hevítik. Az ilyen keveréket frakciónak nevezzük (3. táblázat).

3. táblázat

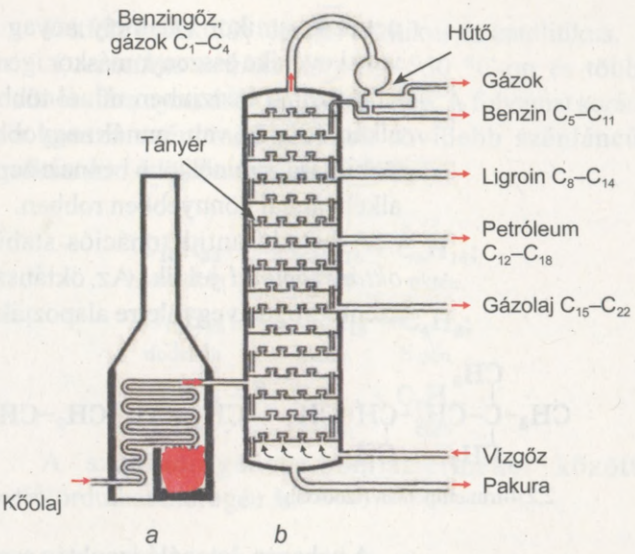
A kőolajlepárlással nyert frakciók jellemzése

Frakciónév	A szénhidrogén-molekula szénszáma	Hőmérsékleti tartomány, °C	Alkalmazás
Benzin	$C_5 - C_{11}$	40 – 200	Repülőgép- és gépkocsimotorok üzemanyaga
Ligroin	$C_8 - C_{14}$	150 – 250	Traktorüzemanyag
Petróleum	$C_{12} - C_{18}$	180 – 300	Traktorok, repülőgépek és rakéták reaktív üzemanyag
Gázolaj	$C_{15} - C_{22}$	230 – 350	Dízelüzemanyag
Pakura (mazut)*	$C_{23} - ...$	> 350	Kazánok, ipari kemencék tüzelőanyaga; vegyipari nyersanyag**

* Lepárlás utáni maradék.

** Pakura vákuumos lepárlásával kenőanyagokat állítanak elő.

A kőolajlepárlást folyamatosan működő rektifikáló tornyokban végzik (44., 45. ábra). A kőolajat előzőleg forráspontig melegítik és forró vízgőzzel a toronyba vezetik, ahol a gázelegy fokozatosan lehűl. Eközben először a nagyobb molekulatömegű szénhidrogének



44. ábra.
Kőolajlepárló berendezés vázlata:
***a* – csőkemence;**
***b* – rektifikáló torony**

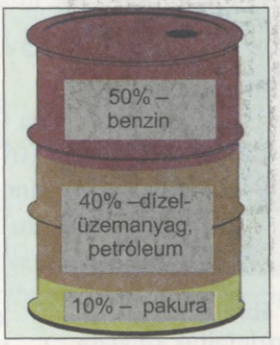
hűlnek le (magasabb a forráspontjuk), majd a kisebb molekulatömegűek. A kőolajban oldott szénhidrogének, amelyek közönséges körülmények között gázok, kilépnek a toronyból annak felső részében.

A kőolajlepárlás termékeinek relatív mennyiségei a 46. ábrán láthatók.

A kőolaj-feldolgozás fontos terméke a benzin. A benzin minőségét *antidetonációs* stabilitása (robbanásállékonysága) alapján határozzák meg. *Detonációnak*



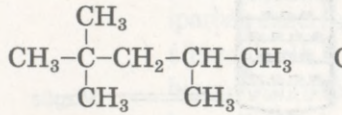
45. ábra.
Rektifikáló tornyok a kőolaj-feldolgozó üzemben



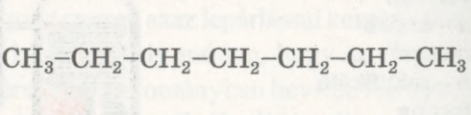
46. ábra.
A lepárlás termékeinek hozzávetőleges tömegaránya

nevezik, amikor valamely anyag gőzének levegővel való keveréke összenyomáskor igen gyorsan, robbanással ég el. A benzinben minél több elágazó szénláncú alkán és arén van, annál nagyobb az antidetonációs stabilitása, s minél több benne a nem elágazó szénláncú alkén, annál könnyebben robban.

A benzin antidetonációs stabilitásának fokát az *oktánszámmal* jelzik. Az oktánszámok skáláját két szénhidrogén vegyületre alapozták:



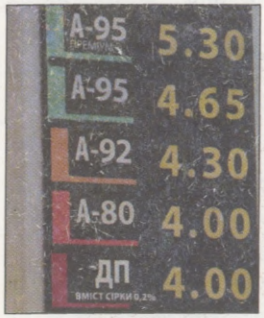
2,2,4-trimetilpentán (izooktán)



n-heptán

A nehezen detonáló izooktán esetében az oktánszám 100, a könnyen detonáló *n*-heptánnál az oktánszám – 0. Ha a benzin oktánszáma 95, akkor az antidetonációs stabilitása ugyanolyan, mint az izooktán és *n*-heptán rendre 95 és 5% térfogatrészekből álló keverékéé.

Minél nagyobb az oktánszám, a benzin annál stabilabb az égéstérben való idő előtti detonációval szemben, nagyobb nyomást bír ki detonáció nélkül, ezért a motor nagyobb teljesítményt tud kifejteni.



47. ábra.
Benzinfajták kínálata a töltőállomáson (jobbra 1 l üzemanyag ára van feltüntetve)

A leggyakrabban használt benzinfajták oktánszámai: 76, 80, 92, 95 és 98 (47. ábra).

A kőolaj lepárlásával előállított benzin gyenge minőségű, oktánszáma legtöbbször 40–55.

A **krakkolás** a kőolaj másodlagos feldolgozásának folyamata. Ennek a lényege az, hogy erősen hevítik a magas hőmérsékletű frakciókat – petróleumot, gázolajat, pakurát – könnyebb szénhidrogének előállítása céljából. Ilyen körülmények között felhasadnak a kettős kötések a szénláncban, és ennek következtében átalakulnak. A krakkolás jelentősen növeli a benzinhozamot.

Kétféle krakkolás létezik: termikus és katalitikus.

A termikus krakkolást 450–550 °C-on és több atmoszféra nyomáson valósítják meg. A folyamat során a hosszú szénláncú alkánok rövidebb szénláncú alkánokra és alkénekre bomlanak:

$$\underset{\text{haxadekán}}{C_{16}H_{34}} \xrightarrow{t,p} \underset{\text{oktán}}{C_8H_{18}} + \underset{\text{oktén}}{C_8H_{16}};$$

$$\underset{\text{dodekán}}{C_{12}H_{26}} \xrightarrow{t,p} \underset{\text{oktán}}{C_8H_{18}} + \underset{\text{butén}}{C_4H_8};$$

$$\underset{\text{oktán}}{C_8H_{18}} \xrightarrow{t,p} \underset{\text{hexán}}{C_6H_{14}} + \underset{\text{etén}}{C_2H_4}.$$

A szénhidrogének bomlástermékei között előfordulhat hidrogén is.

Az ilyen reakciók gyök-lánc mechanizmus szerint mennek végbe. A σ-kötés felhasadása következtében az alkánmolekula szénatomjai között gyökök képződnek:

$$CH_3{-}CH_2{-}CH_3 \xrightarrow{t} CH_3\cdot + \cdot CH_2{-}CH_3.$$

Ezek a részecskék új alkánmolekulává kapcsolódnak össze

$$H_3C\cdot + \cdot CH_3 \rightarrow H_3C{-}CH_3,$$

$$CH_3CH_2\cdot + \cdot CH_2CH_3 \rightarrow CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$$

vagy „elveszik" egymástól a hidrogénatomokat:

$$H_3C\cdot + \cdot CH_2CH_3 \rightarrow CH_4 + CH_2{=}CH_2.$$

A termikus krakkolással előállított benzinnek magasabb az oktánszáma (65–70), mint a kőolajlepárlással nyert benzin esetében. Azonban telítetlen szénhidrogének vannak benne. Ezek oxidációja rontja a benzin minőségét szállítás és tárolás közben. Az oxidációs folyamatok lassítása érdekében a benzinhez speciális anyagokat adnak.

A ***katalitikus krakkolást*** a termikus krakkolásnál alacsonyabb hőmérsékleten, kisebb nyomáson és katalizátorok (alumínium-szilikátok) jelenlétében valósítják meg. A reakciók sokkal gyorsabban mennek

végbe, mint a termikus krakkolás során, miközben a szénhidrátok bomlásával egyidejűleg történik az alkének izomerizációja és hidrogén-addíciója (az alkánok alig izomerizálódnak). Ennek következtében főként elágazó szerkezetű és ciklikus, valamint aromás szénhidrátok képződnek.

A katalitikus krakkolással előállított benzinnek nagyobb az aréntartalma, elég nagy az oktánszáma (75–80) és idővel nem veszíti el a minőségét, mivel kevés telítetlen szénhidrogént tartalmaz.

A szénhidrogénbontás a kőolajtermékek benzin és ligroin frakciójának feldolgozási módja. A segítségével magas minőségű, 77 – 86 oktánszámú benzint, aromás szénhidrogéneket és hidrogént nyernek.

Létezik termikus és katalitikus szénhidrogénbontás. Mindkét folyamatot magas hőmérsékleten és nyomáson, a katalitikust katalizátorok jelenlétében valósítják meg.

A benzin oktánszámát speciális adalékanyagokkal – antidetonátorokkal, például tetraetil-plumbummal $(C_2H_5)_4Pb$ – növelik. Azonban az ilyen benzin égésekor mérgező ólomvegyületek jutnak a légkörbe. Ezért sok országban már betiltották a tetraetil-plumbum felhasználását. Ma már egyre gyakrabban a környezetre veszélytelen antidetonátorokat használnak.

6. SZ. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET

Ismerkedés kőolajtermékek mintáival

Vizsgáljátok meg a kőolajtermékek gyűjteményét és töltsétek ki a táblázatot:

A kőolajtermék neve	Külalak	Felhasználási terület



48. ábra. A kőolaj környezetbe jutásának a következményei

A környezet kőolajjal és kőolajtermékekkel való szennyezése. Az utóbbi években mind gyakrabban fordulnak elő olyan esetek, amikor kőolaj vagy kőolajtermékek kerülnek a tengerekbe és óceánokba olajszállító tankhajókat vagy tengeri kőolajfúró tornyokat ért balesetek következtében (48. ábra). Ez jelentős károkat okoz a vizek élővilágában, szennyezi a partvidékeket. A szennyező kőolajat és kőolajtermékeket a víz felszínéről összegyűjtik, a szárazföldön pedig a talajréteggel együtt távolítják el.

ÖSSZEGEZÉS

A kőolaj elsődleges feldolgozása a lepárlást jelenti. Ezzel az eljárással benzint, petróleumot és más kőolajtermékeket állítanak elő.

A kőolaj másodlagos feldolgozása (krakkolása) során kémiai reakciókat alkalmaznak különböző szénhidrogének részvételével. Megkülönböztetnek termikus és katalitikus krakkolást.

Az üzemanyag minőségét oktánszáma alapján határozzák meg. Minél nagyobb az oktánszám, annál nagyobb az üzemanyag antidetonációs (robbanásos égéssel szembeni) stabilitása.

A környezet kőolajjal és kőolajtermékekkel való szennyezése nagyon időszerű probléma.

?

144. Nevezzétek meg azokat a folyamatokat, amelyek az elsődleges és másodlagos kőolaj-feldolgozás alapját képezik!

145. Milyen termékek képződnek a kőolajlepárlás során?

146. Miben különbözik a krakkolás a lepárlástól? Milyen krakkolási módszerek léteznek?

147. Mi az oktánszám? Magyarázzátok meg, mit jelent a 80-as oktánszám!

148. Milyen szénhidrátoknak nagyobb az oktánszáma: az egyenes vagy elágazó szénláncúaknak?

149. Írjátok le azoknak a reakcióknak az egyenleteit, amelyek a kőolajfeldolgozás során lezajlanak:

a) az *n*-pentán átalakulása dimetilpropánná;

b) az *n*-oktán dehidrálása 1,2-dimetilbenzénné!

150. Számítsátok ki az izooktán és *n*-heptán mólarányát a 76 oktánszámú keverékben, ha ezeknek a szénhidrogéneknek a sűrűsége rendre 0,6292 és 0,684 g/cm^3!

151. A kőolaj katalitikus krakkolása után képződött szénhidrogén-keverékben az izooktán és a toluen tömegrésze rendre 11,4 és 4,6%. Hány izooktánmolekula esik a keverékben egy molekula toluenre?

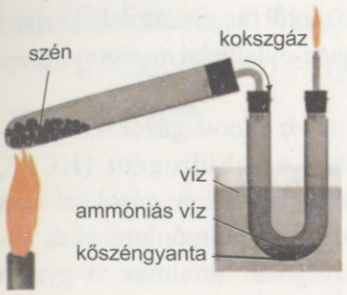
18. A szén vegyi feldolgozása

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- megismerjétek a szén kémiai átalakításának módszereit;
- ismereteket szerezzetek a szén kokszolásának, gázosításának és hidrogénezésének termékeiről.

A szenet nem csak mint tüzelőanyagot alkalmazzák. Fontos nyersanyagforrása szerves vegyületeknek, köztük aromás szénhidrogéneknek. Kőszénből állítják elő a kokszot, amely nélkül nem létezhet nyersvasöntés.

A szén kémiai feldolgozásának három módszere létezik: *kokszolás*, *gázosítás* és *hidrálás*.

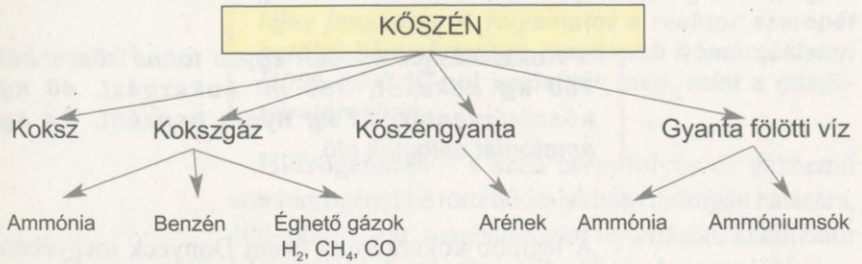


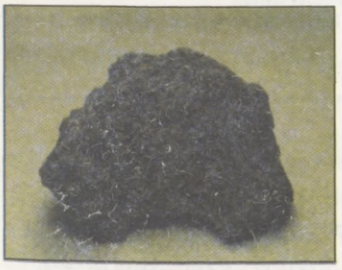
49. ábra.
A szén kokszolásával kapcsolatos kísérlet

Kokszolás – a szén bontásának magas hőmérsékleten és levegő kizárásával megvalósított folyamata. A kőszenet speciális (koksz) kemencékben hevítik 900–1100 °C-on. Kémiai reakciókkal a szénből gázok és illó anyagok keverékét nyerik ki, amely lehűlésekor kokszgázra, kőszéngyantára és gyanta fölötti vízre különül el (6. vázlat, 49. ábra), a szén koksszá alakul.

6. vázlat

A kőszén kokszolásának termékei





50. ábra.
Koksz

A *koksz* – porózus, sötétszürke anyag (50. ábra), 96–98% tömegrész szenet és hidrogént, oxigént és más elemeket tartalmaz. A fémkohászatban, elsősorban a nyersvasgyártásban redukálószerként alkalmazzák.

A *kokszgáz* hidrogénből (58–62% térfogatrész), metánból (24–27%), szén-monoxidból (5–7%), nitrogénből, ammóniából, benzéngőzből és más anyagokból áll. Az ammóniát úgy nyerik ki, hogy a kokszgázt kénsavoldaton bocsátják át, és az ekkor képződő ammónium-szulfátot $(NH_4)_2SO_4$ műtrágyaként alkalmazzák. A benzént szerves oldószerekkel nyeletik el, majd ezekből lepárlással nyerik ki.

Az ammóniától és benzéntől megtisztított kokszgázt üzemanyagként és hidrogén-előállítási nyersanyagként alkalmazzák.

A kőszéngyanta fölötti víz oldott gázokat – szén-dioxidot, kénhidrogént, cián-hidrogént (HCN), ammóniát – és az ammóniumnak ezen gázokkal való reagálási termékeként képződő ammóniumsókat, valamint egyes szerves anyagokat tartalmaz. A gyanta fölötti vízből kinyert ammóniumból és ammóniumsókból műtrágyákat gyártanak. A kénhidrogénből ként és kénsavat állítanak elő.

A *kőszéngyanta* – sűrű, fekete, specifikus szagú folyadék. Nyersanyagul szolgál aromás szénhidrogének – benzén, metilbenzén, egyes arének és fenol – előállításához.

Kokszoláskor minden egyes tonna kőszénből 750 kg kokszot, 350 m³ kokszgázt, 40 kg kőszéngyantát, 12 kg nyers benzént, 3,4 kg ammóniát állítanak elő.

A legtöbb kokszkémiai üzem Donyeck megyében található. Ezekben gyártják az Ukrajnában előállított koksz több mint felét (51. ábra). Ilyen üzemek találhatók Dnyepropetrovszk, Luhanszk és Zaporizzsja megyékben.



51. ábra.
Koksz kirakodása kokszkémiai üzemben

A **gázosítás** – a szén éghető gázokká történő átalakítása kémiai reakciók segítségével. Ezek a szén kevés oxigén (levegő), vízgőz, szén-dioxid jelenlétében, 800–900 °C-on történő oxidálásának eredményeként képződnek.

A szenet gázgenerátorokban valósítják meg. A képződött gázkeverékben a szén(II)oxid, hidrogén és metán dominál:

$2C + O_2 \overset{t}{=} 2CO$; $C + H_2O \overset{t}{=} CO + H_2$; $C + 2H_2 \overset{t}{=} CH_4$;

$C + O_2 \overset{t}{=} CO_2$; $CO + H_2O \overset{t}{=} CO_2 + H_2$; $CO + 3H_2 \overset{t}{=} CH_4 + H_2O$.

$C + CO_2 \overset{t}{=} 2CO$;

Az ilyen gázkeveréket az iparban tüzelőanyagként alkalmazzák Ezenkívül a szén(II)oxid hidrogénnel való kölcsönhatásával, bizonyos feltételek mellett, a benzinéhez hasonló összetétellel rendelkező szénhidrátkeveréket állítanak elő:

$$n\text{CO} + (2n + 1)\text{H}_2 \xrightarrow{t, p, k} \text{C}_n\text{H}_{2n+2} + n\text{H}_2\text{O}.$$

Eközben elsősorban nem elágazó szénláncú szénhidrogének képződnek.

A szén gázosítása közvetlenül a föld alatt, a szénrétegekben is megvalósítható. A föld alatti gázosítással kapcsolatos eljárást még D. I. Mengyelejev javasolta. A folyamatot a reaktor szerepét betöltő bányafuratban magasabb hőmérsékleten (1000–2000 °C-on) valósítják meg, mint a gázgenerátorokban.

Hidrogénezés – a szén cseppfolyós és gáznemű szénhidrogénekké történő átalakítása hidrogén hatására, 400–600 °C-on, meghatározott nyomáson, katalizátor jelenlétében. A szén (leggyakrabban a barnaszén) hidrogénezésével szintetikus tüzelőanyagot állítanak elő:

$$n\text{C} + (n + 1)\text{H}_2 \xrightarrow{t, p, k} \text{C}_n\text{H}_{2n+2}.$$

7. SZ. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET

A kőszénkokszolás termékeivel való ismerkedés

Vizsgáljátok meg a szénkokszolás termékeinek gyűjteményét, és töltsétek ki a táblázatot:

A termék elnevezése	Külalak	Felhasználási terület

ÖSSZEGEZÉS

A szén kémiai átalakítását kokszolással, gázosítással és hidrogénezéssel valósítják meg. A szén kokszosítása során a kokszon kívül fontos szerves és szervetlen vegyületeket is előállítanak, a gázosítás és hidrogénezés folyamatában pedig szénhidrogéneket és éghető gázkeverékeket nyernek.

?

152. Nevezzétek meg a szén kémiai feldolgozásának módszereit! Ezek miben különböznek egymástól?

153. Milyen termékek képződnek a kőszén kokszolása során?

154. Írjátok le a pentán szén(II)oxidból és vízből való előállításának reakcióegyenleteit!

155. Egy tonna szénből a kokszolás során 250 m^3 kokszgáz képződött, s ennek a gáznak 1 m^3-e 30 g benzéngőzt tartalmazott. Mekkora tömegű benzén állítható elő 5 t tömegű szénből?

156. Elegendő mennyiségű levegőben 100 g, 96% tömegrész szenet tartalmazó kokszot égettek el. Az égéstermékeket fölös mennyiségű mészvizen bocsájtották át. Mekkora tömegű csapadék képződött?

4. rész

Oxigéntartalmú szerves vegyületek

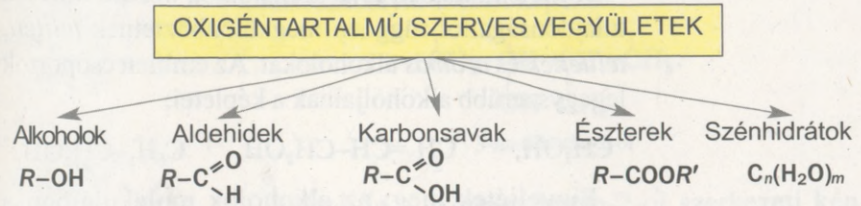
A természetben számos oxigéntartalmú vegyület létezik. Ezek, a szénhidrogénekhez hasonlóan, lehetnek telítettek, telítetlenek és aromások.

Az oxigéntartalmú szerves vegyületeket attól függően csoportosítják, hogy a molekuláikban milyen funkcionális csoportok találhatók.

Ebben a részben a 7. vázlatban feltüntetett vegyületcsoportokat vizsgáljuk meg. Ezenkívül szó lesz a fenolról C_6H_5OH, éterekről $R–O–R'$ és zsírokról.

7. vázlat

Oxigéntartalmú szerves vegyületek



19. Alkoholok

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- új ismereteket szerezzetek az alkoholok osztályozásáról;
- a szisztematikus nevezéktan szerint tudjátok megnevezni az alkoholokat;

➢ megismerjétek az alkoholok izomerjeit;
➢ össze tudjátok állítani az alkoholizomerek képleteit.

Az oxigéntartalmú vegyületek tanulását az alkoholokkal kezdjük. Az alkoholmolekula szénhidrogénmaradékból és egy vagy több hidroxilcsoportból áll. *Az –OH csoport az alkoholok funkcionális csoportja.*

Az alkoholok olyan szénhidrogén-származékok, amelyek molekuláiban egy vagy több hidrogénatomot hidroxilcsoport helyettesít.

Osztályozás. Az alkoholokat több ismérv alapján csoportosítják. A 9. osztályos kémiából tudjátok, hogy a molekulájukban lévő hidroxilcsoportok számától függően az alkoholokat *egyatomosakra* (molekuláikban egy –OH csoportot tartalmaznak) és *többatomosakra*, köztük kétatomosakra (két –OH csoport), háromatomosakra (három –OH csoport) stb. osztják.

▶ Írjátok le három – egyatomos, kétatomos, háromatomos – alkohol képleteit!

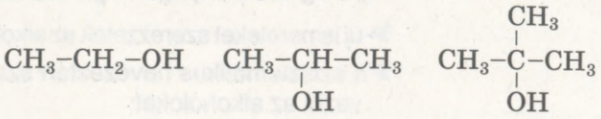
A molekuláikban lévő szénatomok közötti kötések tulajdonságaitól függően megkülönböztetnek *telített*, *telítetlen* és *aromás* alkoholokat. Az említett csoportok legegyszerűbb alkoholjainak a képletei:

CH_3OH, $CH_2=CH–CH_2OH$, $C_6H_5–CH_2OH$.

Figyeljétek meg: az alkoholok molekuláiban a hidroxilcsoport sp^3-hibridizációs állapotban lévő szénatomhoz kapcsolódik.

Egyatomos alkoholok *R*–OH

Az egyatomos alkoholok általános képlete – ***R*–OH**. A hidroxilcsoport az elsődleges, másodlagos és harmadlagos szénatomhoz kapcsolódhat. Ebből adódóan az egyatomos alkoholokat elsődlegesekre, másodlagosakra és harmadlagosakra osztják:



Azokat az alkoholokat, amelyeknek a molekulái 10 vagy több szénatomot tartalmaznak, *nagymolekulájú* alkoholoknak nevezzük.

Ebben és a következő paragrafusokban csak telített alkoholokat fogunk vizsgálni.

Elnevezés. A *telített egyatomos alkohol* szisztematikus elnevezés szerint alkotott neve az ugyanolyan szénláncú alkán nevéből és *-ol* képzőből áll:

CH_3OH – metanol, C_2H_5OH – etanol.

Érdekes tudnivaló
A metanol triviális elnevezése – faszesz, az etanolé – borszesz.

Ha az alkoholmolekula három vagy több szénatomot tartalmaz, akkor a számozásukat a szénláncnak attól a végétől kezdik, amelyhez közelebb van az OH-csoport. Az alkohol elnevezésében a megfelelő alkán neve után jelölik annak a szénatomnak a sorszámát, amelyhez a hidroxilcsoport kapcsolódik:

$$\overset{3}{C}H_3-\overset{2}{C}H_2-\overset{1}{C}H_2OH.$$

propán-1-ol[1]

Az elágazó szénláncú alkoholmolekulában kiválasztják azt a leghosszabb szénláncot, amelynek egyik szénatomjához hidroxilcsoport kapcsolódik. A gyökök nevét és helyét az alkoholban a szénhidrogének névalkotási szabályai szerint képezik:

$$\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H(OH)-\overset{3}{C}H(CH_3)-\overset{4}{C}H_3.$$

3-metilbután-2-ol

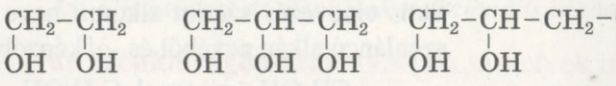
▶ Írjátok le a 3-dimetilbután-2-ol szerkezeti képletét!

Érdekes tudni
A $C_5H_{11}OH$ képletű vegyületet amilalkoholnak nevezzük.

A tudományban és a gyakorlatban gyakran használják az alkoholok más elnevezéseit is. Mindegyik név két szóból áll. Az első szó annak a szénhidrogénmaradéknak nevéből származik, amelyikhez a hidroxilcsoport kapcsolódik, a második szó az *alkohol*: CH_3OH – metilalkohol, C_2H_5OH – etilalkohol.

[1] Korábban az alkohol nevében a funkcionális csoport helyét így jelölték: 1-propanol, propanol-1.

A *kétatomos* (*háromatomos*) alkohol szisztematikus elnevezés szerinti nevét a megfelelő alkán nevéből és *-diol* (*-triol*) képzőből alkotják. Szükség esetén a képző előtt feltüntetik a hidroxilcsoport szénláncban elfoglalt helyét. A többatomos alkoholok képleteinek és elnevezéseinek példái:



etándiol propántriol bután-1,2-diol

Azok az alkoholok, amelyeknek a molekuláiban a szénatomhoz két hidroxilcsoport kapcsolódik, instabilak.

Instabilak azok a vegyületek is, amelyeknek a molekuláiban az OH csoport kettős kötéssel rendelkező szénatomhoz kapcsolódik. Ezért a legegyszerűbb telítetlen alkoholt CH_2=CH–OH (vinilalkohol) nem sikerült előállítani.

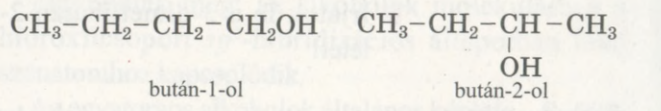
A legegyszerűbb többatomos alkoholok esetében gyakran a triviális elnevezést használják:

$CH_2OH–CH_2OH$ – etilénglikol,

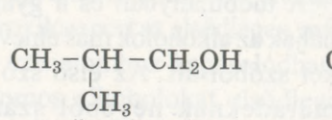
$CH_2OH–CHOH–CH_2OH$– glicerol, glicerin.

Izoméria. Az alkoholokra jellemző a szerkezeti izoméria. Ez a *hidroxilcsoportok* molekulában elfoglalt különböző *helyével* és a *szénlánc szerkezetével* magyarázható.

Az izomer egyatomos alkoholok C_4H_9OH szerkezeti képletei:



bután-1-ol bután-2-ol



metilpropán-1-ol metilpropán-2-ol

és a propándiolok $C_3H_6(OH)_2$ képletei:



propán-1,2-diol propán-1,3-diol

Az alkoholok esetében létezik a csoportközi izoméria. Például az etanol C_2H_5OH izomerje a dimetil-éter $CH_3–O–CH_3$ (15. old.). Az éterek olyan vegyületek, amelyek molekuláiban az oxigénatomhoz két szénhidrogén-maradék kapcsolódik. Az éterek általános képlete – ***R*–O–*R′***.

ÖSSZEGEZÉS

Az alkoholok olyan szénhidrogén-származékok, amelyeknek a molekuláiban egy vagy több hidrogénatom hidroxilcsoportokkal vannak helyettesítve.

A molekuláikban lévő hidroxilcsoportok száma szerint az alkoholokat egy- és többatomosakra osztják, míg a szénláncban lévő kötések tulajdonságai alapján telített és telítetlen, valamint aromás alkoholokat különböztetnek meg. Annak a szénatomnak a típusától függően, amelyhez a hidroxilcsoport kapcsolódik, megkülönböztetnek elsődleges, másodlagos és harmadlagos egyatomos alkoholokat. Az egyatomos alkoholok általános képlete – *R*–OH.

Az egyatomos alkoholok szisztematikus elnevezését az ugyanolyan szénláncú alkánok nevéből és az *-ol* képzőből alkotják. Annak a szénatomnak a sorszámát, amelyhez a hidroxilcsoport kapcsolódik, a képző előtt, a gyökök nevét az alkohol nevének elején tüntetik fel. A többatomos alkoholok elnevezésében a *-diol*, *-triol* képzőket használják.

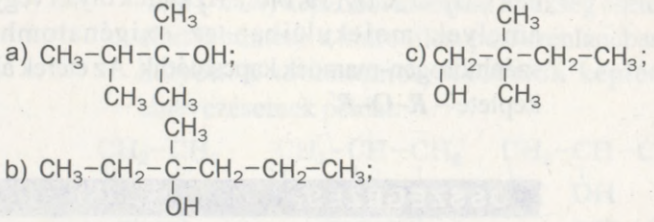
Az alkoholok (szerkezeti) izomériája a hidroxilcsoportok molekulán belüli különböző helyével és a szénlánc szerkezetével kapcsolatos. Az alkoholok esetében is létezik a csoportközi izoméria.

?

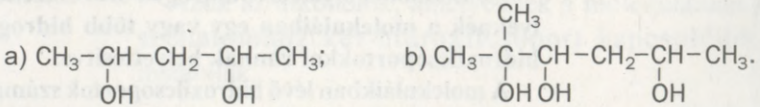
157. Fogalmazzátok meg, mik az alkoholok, és nevezzétek meg a csoportosításuk kritériumait!

158. Az alábbi képletek között mutassátok meg az alkoholokat jelölőket: C_3H_7Cl, C_2H_5OH, CH_3OH, $C_2H_4(OH)_2$, C_2H_4, $C_3H_6(OH)_2$, $C_3H_5(OH)_3$, $C_4H_7Br_3$, $C_2H_5OC_2H_5$!

159. Nevezzétek meg azokat a vegyületeket, amelyeknek a képletei alább láthatók, és nevezzétek meg az elsődleges, másodlagos és harmadlagos alkoholokat:



160. Nevezzétek meg a következő többatomos alkoholokat:



161. Írjátok le azoknak az alkoholoknak a szerkezeti képleteit, amelyeknek a nevei itt olvashatók:

a) 2-metilpentán-3-ol;
b) 2,3-dimetilbután-2-ol;
c) 3-etilénbután-3-ol;
d) 2-metilbután-1,2-diol!

162. Írjátok le a $C_5H_{12}O$ összetételű valamennyi izomer alkohol szerkezeti képletét! Nevezzétek meg a vegyületeket, jelöljétek meg az elsődleges, másodlagos és harmadlagos alkoholokat!

163. Tegyetek javaslatot a két- és többatomos telített alkoholok általános képleteit illetően!

164. Hány izomerje létezik a butándiolnak? Feleleteteket indokoljátok meg!

165. Vezessétek le az egyatomos telített alkohol képletét, amelyben az oxigén tömegrésze 15,7%!

166. Írjátok le a 106 g/mol molekulatömegű, telített, háromatomos alkoholok szerkezeti képleteit!

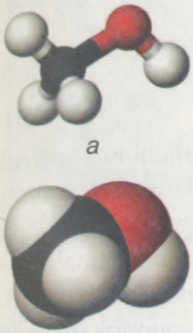
167. Melyik az a vegyület, amelyiknek 1,1 a levegőhöz viszonyított relatív sűrűsége és amelyikben a szén, oxigén és hidrogén tömegrésze rendre 37,5; 50,0 és 12,5%?

20. Telített egyatomos alkoholok

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- felidézzétek a metanol és etanol molekulaszerkezetét és egyes tulajdonságait;
- megismerjétek az alkoholok előállításának eljárásait;

➢megtudjátok, milyen káros hatása van a szervezetre nézve a metanolnak és etanolnak.



a

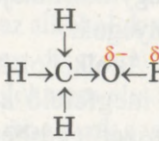
b

52. ábra.
A metanol molekulamodelljei:
***a* – golyó-pálcika modell;**
***b* – méretarányos modell**

A 9. osztályban megismerkedtetek a metanollal CH_3OH, etanollal C_2H_5OH, megtanultátok, milyen a molekula-szerkezetük és melyek a tulajdonságaik. Ezek a vegyületek a telített egyatomos alkoholokhoz tartoznak. A paragrafus anyagát olvasva megismétlitek a róluk szóló tudnivalókat és további ismereteket szereztek ezekről és más alkoholokról.

A telített egyatomos alkoholok általános képlete – $\mathbf{C_nH_{2n+1}OH}$. A megfelelő homológ vegyületek sora a metanollal kezdődik (52. ábra).

Molekulaszerkezet. Az egyatomos alkoholok két részből állnak – szénhidrogén-maradékból és hidroxilcsoportból. A legnagyobb elektronegativitással rendelkező elem, az oxigén maga felé vonzza a szomszédos atomokkal közös elektronfelhőt, s a C–O és O–H kötések polárosakká válnak:



Feltételezhető, hogy az alkoholok jellegzetes reakcióit a molekuláikban lévő ezen kötések határozzák meg.

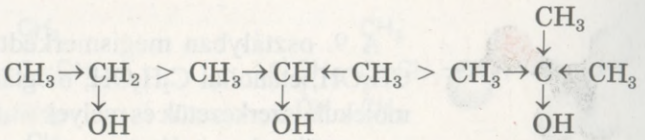
▶ Melyik kötés polárosabb, a C–O vagy az O–H?

Az alkoholok szénláncának növekedésével a szénhidrogén-maradékok egyre fokozzák az oxigénatom körüli elektronsűrűséget. Ennek következtében az oxigénatom gyengébben vonzza magához a hidroxilcsoport elektronfelhőjét és az O–H kötés polaritása az alkoholok homológ sorában csökkenni fog:

$$CH_3OH > CH_3CH_2OH > CH_3CH_2CH_2OH > \ldots$$

Ebből adódóan levonható az a következtetés, hogy az elsődleges alkohol molekulájában az O–H kötés

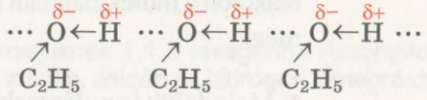
polárosabb, mint a másodlagos és harmadlagos alkohol molekulájában:



Az alkoholmolekula C–O–H fragmentuma szöget képez, akár a vízmolekula (52. ábra). Az oxigénatomon kisebb negatív töltés összpontosul, míg a molekula ellenkező oldalán, ahol a hidrogénatomok vannak, pozitív töltés található. Ezért az alkoholmolekula poláros.

Fizikai tulajdonságok. A hidroxilcsoportok megléte az alkoholmolekulákban lényegesen kihat ezeknek a vegyületeknek a tulajdonságaira. Közöttük nincsenek gáznemű anyagok. A molekuláikban kevés szénatomot tartalmazó egyatomos alkoholok közönséges körülmények között specifikus (alkoholos, kámforos, kozmaolajos) szagú, színtelen folyadékok. A nagymolekulájú alkoholok majdnem szagtalan szilárd anyagok.

Az alkoholok forráspontja jelentősen magasabb, mint a megfelelő alkánoké (4. táblázat). Ez azzal van összefüggésben, hogy az alkoholmolekulák között hidrogénkötések találhatók:

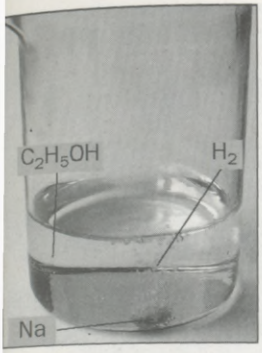


4. táblázat

Egyes alkének és alkoholok fizikai tulajdonságai

Csoport	Vegyület-név	Képlet	Halmaz-állapot	Forráspont, °C
Alkánok	Metán	CH_4	Gáznemű	–161,6
	Etán	C_2H_6		–88,6
Alkoholok	Metanol	CH_3OH	Cseppfolyós	+64,5
	Etanol	C_2H_5OH		+78,4

A metanol, etanol, propanolok és a metil-propán-2-ol korlátlanul oldódik a vízben az alkohol- és



53. ábra. Etanol reakciója nátriummal

vízmolekulák között képződő hidrogénkötéseknek köszönhetően:

$$\cdots \overset{\delta-}{O}\leftarrow\overset{\delta+}{H} \quad \cdots \overset{\delta-}{O}\leftarrow\overset{\delta+}{H} \quad \cdots \overset{\delta-}{O}\leftarrow\overset{\delta+}{H} \cdots$$
$$\quad\uparrow \qquad\qquad \uparrow \qquad\qquad \uparrow$$
$$C_2H_5 \qquad H \qquad C_2H_5$$

Egyéb alkoholok oldhatósága molekuláik szénatomszámának növekedésével csökken. A nagymolekulájú alkoholok vízben oldhatatlanok.

Kémiai tulajdonságok. Az alkoholok részvételével végbemenő reakciók különböznek azoktól a kölcsönhatásoktól, amelyekbe a szénhidrogének lépnek.

Reakciók fémekkel. Az alkoholok hidrogénfejlődéssel és sószerű vegyületek – *alkoholátok* – képződésével reagálnak az alkálifémekkel (53. ábra):

$$\underset{\text{etanol}}{2C_2H_5OH} + 2Na \rightarrow \underset{\text{nátrium-etanolát (nátrium-etilát)}}{2C_2H_5ONa} + H_2\uparrow.$$

Az alkoholmolekulában az O–H kötés felhasad és a hidrogénatom fémes elem atomjával helyettesítődik. Az ilyen reakciókban az alkoholok savakként viselkednek. Azonban ezek nem disszociálnak H^+ ionok képződésével (az alkoholok nem elektrolitok).

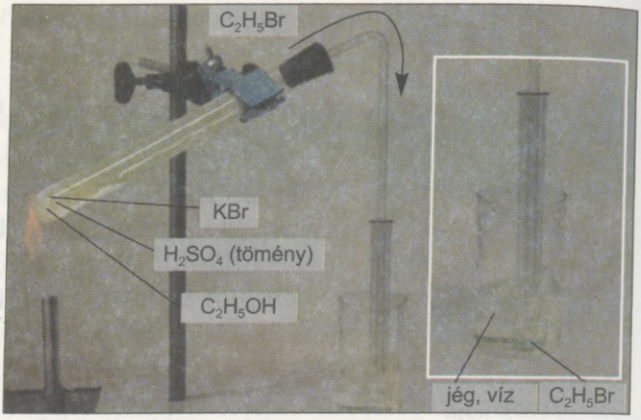
Az alkoholátok reagálnak a vízzel. Az ilyen reakció termékei – alkohol és lúg.

$$C_2H_5ONa + H{-}OH \rightarrow C_2H_5OH + NaOH.$$

Reakciók halogénhidrogénekkel. Az alkoholok reagálnak a klór-hidrogénnel, brómhidrogénnel, jódhidrogénnel. Eközben az alkoholmolekula hidroxilcsoportja halogéncsoporttal helyettesítődik:

$$CH_3{-}CH_2{-}OH + H{-}Br \overset{t}{\rightleftarrows} \underset{\text{brómetán}}{CH_3{-}CH_2{-}Br} + H_2O.$$

Ilyen reakció megvalósítása érdekében az alkoholhoz kálium-bromidot és tömény kénsavat adnak. Az anyagkeverék melegítésének hatására a brómetán elpárolog, majd a gőze lehűl és lecsapódva a kémcső alján, a vízréteg alatt, színtelen nehéz folyadék alakjában gyülemlik fel (54. ábra).



54. ábra.
Brómetán előállítása

Dehidratációs reakciók. Az alkoholok fölös mennyiségű tömény kénsav (vagy víztelenített ortofoszfátsav) jelenlétében történő melegítésének hatására alkénné alakulnak:

$$\underset{\text{etanol}}{CH_2(H)-CH_2(OH)} \xrightarrow{170\ ^\circ C,\ H_2SO_4\ (\text{tömény, fölös m.})} \underset{\text{etilén}}{CH_2=CH_2} + H_2O.$$

A vízmolekula vegyületmolekuláról való lehasadását *molekulán belüli dehidratációnak* nevezzük.

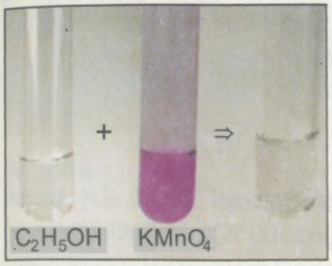
▶ Nevezzétek meg azokat az alkoholokat, amelyekből propén állítható elő.

A vízmolekulák legkönnyebben a harmadlagos alkoholmolekulákról hasadnak le, legnehezebben – az elsődleges alkoholmolekulákról. Az elsődleges és másodlagos alkoholok dehidratációja a Zajcev-szabály szerint történik (a hidrogénatom a kisebb számú hidrogénmolekulához kapcsolódó szénatomról hasad le):

$$CH_3-\underset{H}{CH}-\underset{OH}{CH}-CH_2-H \rightarrow CH_3-CH=CH-CH_3 + H_2O.$$

Az alkohol kis mennyiségű sav jelenlétében történő melegítése során az alkohol minden második molekulájáról lehasad egy-egy vízmolekula és eközben éter képződik:

$$C_2H_5{-}O\boxed{H + HO}{-}C_2H_5 \xrightarrow{140-160\,°C,\ H_2SO_4} \underset{\text{dietil-éter}}{C_2H_5{-}O{-}C_2H_5} + H_2O.$$



55. ábra. **Etanol kálium-permanganáttal történő oxidálása (sav jelenlétében)**

Ez *molekulaközi dehidratáció.*

Az alkoholok vizsgált kémiai tulajdonságai, amint a fentiekben vázoltakból következik, a molekuláikban lévő poláros O–H és C–O kötésekkel magyarázhatók.

Oxidációs reakciók. Az elsődleges alkoholok aldehidekké oxidálódnak (23. §), amelyek a továbbiakban karbonsavakká alakulnak (55. ábra):

$$\underset{\text{alkohol}}{C_2H_5OH} \xrightarrow{+[O]} \underset{\text{aldehid}}{CH_3{-}C{\begin{smallmatrix}\nearrow O\\ \searrow H\end{smallmatrix}}} \xrightarrow{+[O]} \underset{\text{sav}}{CH_3{-}C{\begin{smallmatrix}\nearrow O\\ \searrow OH\end{smallmatrix}}}.$$

Könnyen észrevehető, hogy a szerves anyagok oxidációjának lényege: a molekulában lévő hidrogénatomok számának csökkenése ($C_2H_5OH \Rightarrow C_2H_4O$) vagy az oxigénatomok számának növekedése ($C_2H_4O \Rightarrow C_2H_4O_2$).

8. SZ. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET

Az etanol oxidációja réz(II)oxid által

Öntsetek kémcsőbe 0,5 ml etanolt és rögzítsétek a kémcsőállványon! Vegyetek egy darab rézdrótot, és tekerjétek meg spirál alakban, majd hevítsétek 1 percig szeszégő lángjában. Magyarázzátok meg a fém sötétté válásának okát!

Merítsétek a spirált etanolba. Figyeljétek meg, hogyan tűnik el a rézdrótról a bevonat (a felszíne ismét fénylővé válik), és miként jelenik meg egy speciális szag (az ecet-aldehid CH_3CHO)!

Az alkohol telesen oxidálódik, ha levegőn meggyújtjuk. Az etilalkohol majdnem színtelen lánggal ég, a nagymolekulájú alkoholok lángja kormozó.

Alkoholok előállítása. *Az iparban* legtöbbet metil- és etilalkoholból állítanak elő.

A metilalkoholgyártás nyersanyaga a szintézisgáz (szén(II)oxid és hidrogén) keveréke. Az alkohol képződése 200–300 °C-os hőmérsékleten, magas nyomáson és katalizátor jelenlétében megy végbe. A folyamatot rendszerint metanolszintézisnek nevezik:

$$CO + 2H_2 \xrightarrow{t, p, k} CH_3OH.$$

Az etilalkoholt kétféle módszerrel állítják elő. A korszerű eljárás az etén és vízgőz 300 °C-os hőmérsékleten, magas nyomáson és katalizátorok jelenlétében végbemenő reakcióján alapul:

$$CH_2{=}CH_2 + H_2O \xrightarrow{t, p, k} CH_3{-}CH_2OH.$$

▶ Milyen alkohol képződik a propén és víz kölcsönhatásának eredményeként?

A másik módszer alapját biokémiai módszer – a glükóz élesztőenzimek jelenlétében történő erjesztése – képezi:

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{enzimek} 2C_2H_5OH + 2CO_2\uparrow.$$

Érdekes tudnivaló
Etilalkohol oxidálásával állítják elő az étkezési ecetet.

Ezt a folyamatot ősidők óta alkalmazzák borok szőlőből és más bogyókból, gyümölcsökből való előállítására.

Az élelmiszeriparban használt alkohol gyártási alapanyaga a búza- vagy burgonyakeményítő, a technikai alkoholt a fafeldolgozás során képződő hulladékból nyert cellulózból állítják elő.

Az alkoholok laboratóriumi előállítása a szénhidrogének halogénszármazékainak lúgok vizes oldataival való, melegítés melletti reakcióin alapul:

$$CH_3CH_2CH_2Br + NaOH\ (\text{vizes old.}) \xrightarrow{t} \underset{\text{propán-1-ol}}{CH_3CH_2CH_2OH} + NaBr.$$

Alkalmazás. A cseppfolyós alkoholokat oldószerekként alkalmazzák, de a szerves szintézisben is



56. ábra. Alkohol-üzemanyagot forgalmazó gépkocsitöltő-állomás

felhasználják őket. Az etanolt felhasználják az orvoslásban, gyógyszergyártásban, illatszergyártásában, élelmiszeriparban (alkoholtartalmú italok gyártására), ritkábban gépkocsi-üzemanyagként alkalmazzák (56. ábra); a vegyipari nyersanyagként is használt metanolból a műanyaggyártáshoz nélkülözhetetlen formaldehidet gyártják.

Gyárilag elsősorban kevés vizet tartalmazó etilalkoholt ($w(H_2O) \approx 4\%$) állítanak elő. Ennek a neve – rektifikált szesz.

Az olyan alkoholszármazékokat, mint az éterek, oldószerekként alkalmazzák, a kellemes illatúakat az illatszergyártásban használják fel. A keverékanyagoktól alaposan megtisztított $C_2H_5–O–C_2H_5$ vegyületet a gyógyászatban alkalmazzák érzéstelenítő szerként.

Az alkoholok élettani hatása. A metanol erős méreg. Kis mennyiségének az emberi szervezetbe való bejutása esetén teljes vakságot, nagy mennyisége halált okoz.

Az etilalkohol károsítja az egészséget. Gyorsan felszívódik a vérbe. Az alkoholtól lerészegedett egyén nem tudja kontrollálni a viselkedését és cselekedeteit, emlékezetkiesése van, bizonytalanná válik a mozgása. Alkoholtartalmú italok rendszeres fogyasztása esetén alkoholizmus fejlődik ki. Ez a betegség károsítja az idegrendszert, a szív-érrendszert, roncsolja a májat, és leépül az ember személyisége.

ÖSSZEGEZÉS

A telített egyatomos alkoholok – alkánszármazékok, a molekuláikban a hidrogénatom hidroxilcsoporttal helyettesítődik. A telített egyatomos alkoholok általános képlete – $C_nH_{2n+1}OH$.

Az alkoholok – poláros molekulákból álló, színtelen, speciális szaggal rendelkező folyadékok vagy majdnem szagtalan szilárd anyagok. Az alkoholmolekulák és az

alkoholmolekulák, valamint a víz között hidrogénkötések képződnek. A legegyszerűbb alkoholok korlátlanul oldódnak a vízben, a többi alkohol oldhatósága molekuláik szénatomszámának a növekedésével együtt csökken.

Az alkoholok jellegzetes reakcióit a molekuláikban lévő O–H és C–O poláris kötések határozzák meg. Ezek a vegyületek kölcsönhatásba lépnek az alkálifémekkel, halogénhidrogénekkel, dehidratálódhatnak és oxidálódhatnak, éghető anyagok.

Az iparban legnagyobb mennyiségben metil- és etilalkoholt állítanak elő. Az etanolt a gyógyászatban, gyógyszergyártásban, az élelmiszer- és vegyiparban, valamint gépkocsi-üzemanyagként alkalmazzák; a metanolt a szervesanyag-szintézisben használják fel.

Az etilalkohol az emberi szervezetbe jutva komoly károsodást okoz, a metilalkohol erős méreg.

?

168. Jellemezzétek a metanol-molekula elektronszerkezetét!

169. Hogyan módosul az alkoholmolekulák szerkezetétől függően az O–H kötés polaritása? Magyarázzátok meg!

170. Hogyan hat a hidrogénkötés az alkoholok forráspontjára és vízben való oldhatóságára?

171. Függ-e az alkoholok vízben való oldhatósága molekuláik szénláncának hosszától? Ha igen, akkor hogyan?

172. Egészítsétek ki a reakciótermékeket és alakítsátok át a vázlatokat reakcióegyenletekké:

a) $C_4H_9OH + O_2 \rightarrow \ldots$ b) $C_3H_6 + H_2O \xrightarrow{t, p, k} \ldots$

$C_3H_7OH + Li \rightarrow \ldots$ $C_2H_5Br + LiOH$ (vizes old.) $\xrightarrow{t} \ldots$

173. Írjátok le a reakciótermékek képleteit, tekintettel lefolyásuk feltételeire, és nevezzétek meg mindegyik reakció típusát:

a) $CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-CH_3 \xrightarrow{H_2SO_4 \text{ (tömény, fölös mennyiség)}, t} \ldots$

b) $CH_3-CH_2-CH_2OH \xrightarrow{H_2SO_4\ (tömény,\ hiányos\ mennyiség),\ t} \ldots$

c) $CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}=CH-CH_3 + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4\ (tömény.)} \ldots$

174. Összekevertek 5% tömegrész etanolt tartalmazó 200 g vizes oldatot 50 g ugyanilyen alkohol oldatával, amelyben az alkohol tömegrésze 10% volt. Számítsátok ki a kapott oldat alkoholtartalmának tömegrészét!

175. Mekkora térfogat etént (n. k. k.) kell venni 2 t etanol előállításához, ha az alkohol relatív hozama 83,3%?

176. Metanol klórmetánná történő átalakításának eredményeként a reakciótermék tömege ugyanakkora maradt, mint a felhasznált alkoholé. Számítsátok ki a klórmetán relatív hozamát!

177. 0,5 l etanol (az alkohol sűrűsége – 0,79 g/ml) elégetése során 11 300 kJ hő fejlődött. Írjátok le a megfelelő termokémiai reakciót!

178. 18,5 g tömegű telített harmadlagos alkohol dehidratációjának eredményeként 4,5 l víz képződött. Nevezzétek meg az alkoholt és írjátok le molekulájának szerkezeti képletét!

179. 3,0 g szerves vegyület elégetése során 3,36 l szén-dioxid (n. k. k.) és 3,6 l víz képződött. Vezessétek le a vegyület képletét, ha ismeretes, hogy gőzének levegőhöz viszonyított relatív sűrűsége 2,07. Írjátok le izomerjei molekuláinak szerkezeti képleteit! A vegyületek melyike nem reagál a nátriummal?

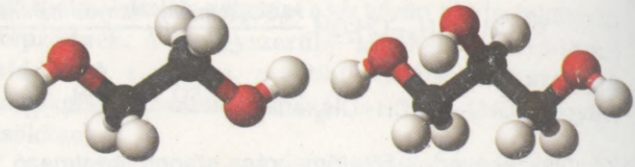
21. Többatomos alkoholok

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- felidézzétek a glicerin-molekula szerkezetét és tulajdonságait;
- új ismereteket szerezzetek a többatomos alkoholokról.

A legegyszerűbb kétatomos alkohol az etilénglikol $HO-CH_2-CH_2-OH$, a háromatomos alkoholok között pedig a glicerin (glicerol[1]) $HOCH_2-CHOH-CH_2OH$

[1] A szisztematikus nevezéktan szerinti milyen elnevezései vannak az etilénglikolnak és a glicerolnak?



a b

57. ábra. **Golyó-pálcika molekulamodellek:** ***a*** **– etilénglikol;** ***b*** **– glicerol**

(57. ábra). Ezek a vegyületek nem fordulnak elő a természetben, de a glicerinszármazékok – a zsírok – nagyon elterjedtek.

▶ A szisztematikus nevezéktan szerinti milyen elnevezései vannak az etilénglikolnak és a glicerolnak?

Érdekes tudnivaló

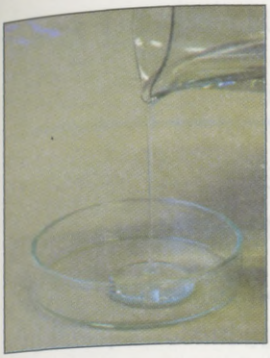
A glicerin viszkozitása természetes körülmények között ezerszer nagyobb, mint a vízé

Fizikai tulajdonságok. Az etilénglikol és a glicerol – színtelen, viszkózus, édeskés ízű folyadékok (58. ábra). Szagtalanok, higroszkopikusak, kissé nehezebbek a víznél, oldatok képződése mellett bármilyen arányban keverednek vele. A glicerollal ellentétben az etilénglikol mérgező.

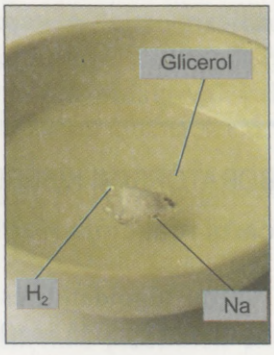
Az etilénglikol +197,6 °C-on forr, a glicerol, amely elbomlik – +290 °C-on. Ugyanakkor a molekuláikban ugyanannyi szénatomot tartalmazó egyatomos alkoholok forráspontjai jóval alacsonyabbak. Ennek oka az, hogy a többatomos alkoholokban több hidrogénkötés képződik, mivel az ilyen alkoholok minden molekulája legalább két –OH csoportot tartalmaz.

Kémiai tulajdonságok. A többatomos alkoholok nem csak az aktív fémekkel reagálnak, hanem egyes fémes elemek hidroxidjaival is. Ezzel a tulajdonságukkal jobban emlékeztetnek a savakra, mint az egyatomos alkoholok. Azonban a többatomos alkoholok és oldataik nem változtatják meg az indikátorok színét.

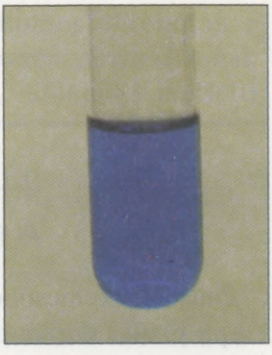
Reakciók fémekkel. A többatomos alkoholok alkálifémekkel való reakciói során (59. ábra) fokozatosan helyettesítődnek a hidroxilcsoportok hidrogénatomjai a fémes elemek atomjaival:



58. ábra.
Glicerol



59. ábra.
Glicerol kölcsönhatása nátriummal



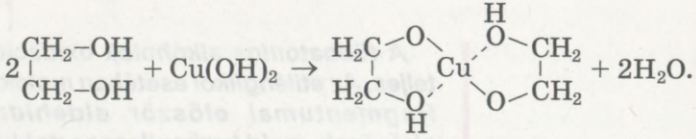
60. ábra.
Réz(II)etilénglikolát

$$2\begin{array}{l}CH_2-OH\\ |\\ CH_2-OH\end{array} \xrightarrow[-H_2]{+2Na} 2\begin{array}{l}CH_2-ONa\\ |\\ CH_2-OH\end{array} \xrightarrow[-H_2]{+2Na} 2\begin{array}{l}CH_2-ONa\\ |\\ CH_2-ONa\end{array}$$

etilénglikol — nátrium-etilénglikolát — dinátrium-etilénglikolát

Az alkálifémek és a glicerol reakciójának[1] a termékeit glicerátoknak nevezik.

Reakció réz(II)hidroxiddal. A többatomos alkoholok kölcsönhatnak a réz(II) hidroxiddal. A reakció eredményeként a hidroxid oldható rézvegyületté alakul, és az oldat élénk kék színű lesz (60. ábra) (a kémiai reakciót nem kell megjegyezni[2]):



$$2\begin{array}{l}CH_2-OH\\ |\\ CH_2-OH\end{array} + Cu(OH)_2 \rightarrow \begin{array}{l}H_2C-O\\ |\\ H_2C-O\end{array}\!\!\begin{array}{c}H\\ O\\ Cu\\ O\\ H\end{array}\!\!\begin{array}{l}O-CH_2\\ |\\ O-CH_2\end{array} + 2H_2O.$$

etilénglikol — réz(II) etilénglikolát

A glicerol és réz(II)hidroxid reakciójában részt vesz mindkét alkoholmolekula két szomszédos

[1] Hogy ez a reakció elég gyorsan végbemenjen, a glicerolt fel kell melegíteni.

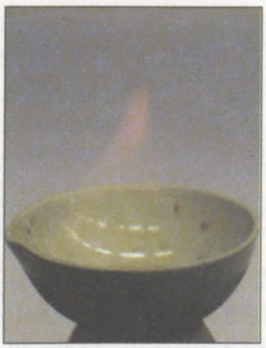
[2] Szaggatott vonal jelöli a kovalens kötéseket, ezek mindegyike úgy képződik, hogy az oxigénatom osztatlan elektronfelhője átmegy a rézatom üres elektronpályájára.

hidroxilcsoportja. A képződő vegyület neve – réz(II) glicerát.

9. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET

A glicerol reakciója réz(II)hidroxiddal

Öntsetek kémcsőbe 1–2 ml lúgoldatot, és adjatok hozzá néhány csepp réz(II) szulfát-oldatot! A képződő réz(II)hidroxid csapadékhoz adjatok 1 ml glicerol-oldatot! A kémcső tartalmát kavarjátok meg! Mit láttok?



61. ábra.
A glicerol égése

A réz(II)hidroxiddal való reakciója a többatomos alkoholok (a –CHOH–CHOH– fragmentum) *kimutatására szolgál.*

Oxidáció. Az etilénglikol és glicerol széndioxid és víz képződésével ég a levegőn. Ennek a kísérletnek az elvégzéséhez melegítsetek fel kevés glicerolt porcelán dörzscsészében és gyújtsátok meg égő fapálcikával. A vegyület majdnem színtelen láng-gal ég (61. ábra).

▶ Írjátok le ezen alkoholok égési reakcióit!

A többatomos alkoholok oxidációja lehet nem teljes. Az etilénglikol esetében molekuláinak C–OH fragmentumai először aldehidcsoportokká alakulnak, majd karboxilcsoportokká (25. §).

Előállítás. Az *iparban* a glicerolt különböző eljárásokkal állítják elő. A hagyományos módszer a zsírok hidrolízisén alapul. A technikai célú glicerolt propénből szintetizálják; a folyamat több szakaszból áll. Az etilénglikol előállítására csak szintézises eljárást alkalmaznak.

Laboratóriumban a többatomos alkoholok a szénhidrogének megfelelő halogénszármazékainak lúgok vizes oldataival való, melegítés melletti reagáltatásával állíthatók elő:

$$\underset{\text{1,2-dibrómetán}}{\overset{\text{Br}}{\overset{|}{\text{CH}_2}}-\overset{\text{Br}}{\overset{|}{\text{CH}_2}}} + 2\text{KOH (vizes oldat)} \xrightarrow{t} \underset{\text{etilénglikol}}{\overset{\text{OH}}{\overset{|}{\text{CH}_2}}-\overset{\text{OH}}{\overset{|}{\text{CH}_2}}} + 2\text{KBr}.$$

Kétatomos alkoholok előállíthatók alkének kálium-permanganát vizes oldatával való oxidációja révén:

$$R\text{–CH=CH}_2 + [\text{O}] + \text{H}_2\text{O} \rightarrow R\text{–}\underset{\text{OH}}{\overset{|}{\text{CH}}}\text{–}\underset{\text{OH}}{\overset{|}{\text{CH}_2}}.$$

Alkalmazás. Az etilénglikol egyes szerves oldószerek szintézisének és szintetikus rostok (lavszán) gyártásának a kiindulási anyaga. Az etilénglikol fagypontja sokkal alacsonyabb, mint a vízé. Ezért télen a gépkocsimotorok hűtésére használják, mint fagyálló folyadékot. A gépkocsivezetőknek tudniuk kell, hogy az etilénglikol nagyon mérgező vegyület.

A glicerolt nagy mennyiségben alkalmazzák a robbanóanyag-gyártásban (195. old.). Puhító anyagként a bőriparban használják. A glicerol része a fogkrémeknek, szappanoknak, kozmetikai krémeknek. Likőrökhöz is adagolják viszkozitás-növelő anyagként.

ÖSSZEGEZÉS

Az etilénglikol és a glicerol – a legegyszerűbb két- és háromatomos alkohol. Mindkettő színtelen, szagtalan, édes ízű, viszkózus, higroszkopikus, a vízben korlátlanul oldódó folyadék.

A többatomos alkoholok reagálnak az alkálifémekkel és égnek. A réz(II) hidroxiddal való reakciója a

többatomos alkoholok (a –CHOH–CHOH– fragmentum) kimutatására szolgál.

A többatomos alkoholokat szintetikus úton állítják elő, a glicerolt még zsírok hidrolízisével is.

Az etilénglikolt a műrostgyártásban, egyes oldószerek szintézisében és fagyálló folyadékként alkalmazzák; a glicerolt robbanóanyagok, kozmetikai szerek, gyógyszerkészítmények gyártásához használják.

Az etilénglikol mérgező anyag.

?

180. Mivel magyarázható, hogy a glicerol, a propanoltól eltérően, viszkózus folyadék?

181. Írjátok le az etilénglikol szerkezeti képletét és jelöljétek rajta nyilakkal az elektronsűrűség eltolódását!

182. Egészítsétek ki a reakcióegyenleteket:

a) $\begin{matrix}CH_2OH\\|\\CH_2OH\end{matrix} + HBr \rightarrow ...$

b) $\begin{matrix}CH_2-CH-CH_3\\|\quad|\\OH\quad OH\end{matrix} + O_2 \rightarrow ...$

c) $\begin{matrix}CH_2OH\\|\\CH_2Cl\end{matrix} + ... \rightarrow \begin{matrix}CH_2OH\\|\\CH_2OH\end{matrix} + ...$

d) $\begin{matrix}CH_2-CH-CH_2-CH_2\\|\quad\;|\quad\;\;|\quad\;\;|\\Cl\quad Cl\quad\;\;Cl\quad\;\;Cl\end{matrix} + KOH \text{ (vizes old.)} \rightarrow ...$

e) $CH_2=CH_2 + [O] + H_2O \rightarrow ...$

f) $\begin{matrix}CH_2OH\\|\\CHOH\\|\\CH_2OH\end{matrix} + Na \text{ (fölös mennyiség)} \rightarrow ...$

183. Milyen reakciókkal állítható elő etilénglikol metánból? Írjátok le a megfelelő reakcióegyenleteket!

184. Hogyan különböztethető meg kémiai reakció segítségével egymástól az etanol és a glicerol vizes oldata?

185 Mekkora maximális térfgatú hidrogén (n. k. k.) nyerhető 1,38 g nátrium és 1 mol glicerol keverékének hevítésével?

186. Fölös mennyiségben vett nátrium és 95 g kétatomos alkohol kölcsönhatásának eredményeként 1,25 mol hidrogén képződött. Határozzátok meg ennek az alkoholnak a képletét!

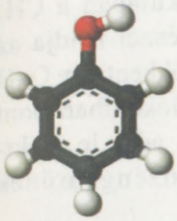
187. 1 mol alkohol elégetése nyomán 2 mol szén-dioxid képződött. Milyen alkoholt égettek? Csak egy megoldása van-e a feladatnak? Írjátok le a megfelelő reakciók egyenleteit!

188. Számítsátok ki az etilénglikol tömegrészét a vizes oldatban, ha abban tízszer annyi vízmolekula van, mint alkoholmolekula!

22. Fenol

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

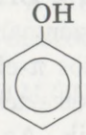
- megismerjétek a fenolnak nevezett vegyületet;
- meg tudjátok nevezni a fenolszármazékokat;
- össze tudjátok hasonlítani a fenol és az alkoholok molekulaszerkezetét;
- megismerkedjetek a fenol tulajdonságaival és előállításának módszereivel.



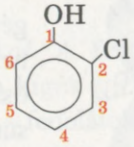


62. ábra. A fenol molekulamodellje

Létezik egy szerves vegyület, amelynek molekulaösszetétele az egyatomos alkohol molekulájára emlékeztet. Kémiai képlete – C_6H_5OH, a neve – *fenol*. Ez a vegyület nem tartozik az alkoholok csoportjába, mivel a fenolmolekula hidroxilcsoportja közvetlenül kapcsolódik a benzéngyűrűhöz (62. ábra):



A fenolszármazékok elnevezése. Sok fenolszármazék létezik. A nevükben először a gyökök helyét és elnevezését (betűrendben), majd a *fenol* szót tüntetik fel. Ugyanakkor a hidroxilcsoporthoz kapcsolódó szénatomot 1-gyessel számozzák, míg a benzéngyűrű többi szénatomját oly módon számozzák, hogy a gyökök melletti számok legyenek a legkisebbek:



2-klórfenol

Azon fenolszármazékok esetében, amelyek molekuláiban egy gyök van, gyakran más nevet használnak. Ha gyök a 2., 3. vagy 4. helyen van, akkor a vegyület nevében a számok helyett rendre *o-* (*olv.*:

Érdekes tudnivaló

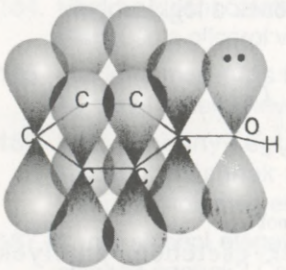
A fenolt először kőszéngyantából állították elő 1834-ben.

Érdekes tudnivaló
A fenolftalein-molekulában két fenolmolekula-maradék található.

orto), *m*- (*olv.*: meta), *p*- (*olv.*: para) betűket írnak. Például a 2-klórfenol másik elnevezése – *o*-klórfenol.

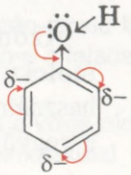
▶ Írjátok le a 2,4-diklórfenol és p-klórfenol molekuláinak szerkezeti képleteit!

Molekulaszerkezet. Az a tény, hogy a fenolmolekulában C_6H_5OH benzéngyűrű van, nagyobb mozgékonyságot biztosít az –OH csoport hidrogénatomjának, mint az egyatomos alkoholok molekuláiban. Ha a metanol-molekulában a CH_3 csoport elektronsűrűségének egy részét leadja az oxigénatomnak ($CH_3 \rightarrow OH$), ami csökkenti az O–H kötés polaritását, addig a fenolmolekulában pont fordítva történik – az oxigénatom adja le elektronsűrűségének egy részét a benzéngyűrűnek ($C_6H_5 \leftarrow \ddot{O}H$). Az oxigénatom osztatlan elektronpárja a benzéngyűrűre ráhúzódva a szénatom *p*-elektronjaival közös π-elektronrendszert alkot (63. ábra). Ennek következtében a C–O kötés hossza csökken, és erősebbé válik. Az oxigénatom, miközben kompenzálja elektronsűrűségét, erősebben vonzza magához a hidrogénatommal közös elektronfelhőt ($C_6H_5–O \leftarrow H$). A hidrogénatom nagyobb pozitív töltésre tesz szert, mint az alkoholmolekulában, és az O–H kötés polárosabbá válik.



63. ábra.
π-elektronrendszer a fenolmolekulában

A hidroxilcsoport ugyancsak hat a benzéngyűrűre. Fokozza benne a hidrogénatomok mozgékonyságát *orto*- és *para*-helyzetben, mivel ezekben a helyzetekben összpontosul az elektronok legnagyobb sűrűsége:



A fenolmolekulában az oxigénatomhoz kapcsolódó szénatom sp^2-hibridizációs állapotban található, miközben az alkohol-molekulákban – sp^3-hibridizációs állapotban.

Fizikai tulajdonságok. A fenol – szilárd, színtelen, specifikus karbolszagú anyag, amely mérsékelten oldódik hideg, és korlátlanul – forró vízben.

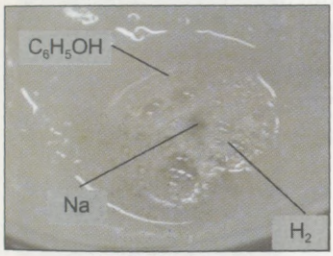
A fenol olvadás- és forráspontja (rendre +41 és +182 °C) magasabb, mint a benzéné (+5,5 és +80,1 °C). Ennek oka, hogy hidrogénkötések képződnek a fenolmolekulák között a hidroxilcsoportok hidrogén- és oxigénatomjainak részvételével.

Kémiai tulajdonságok. A fenol – kémiailag aktív vegyület, mivel mind a hidroxilcsoport, mind a benzéngyűrű magas reakciókészségű.

Reakciók a hidroxilcsoport részvételével. Az alkoholoktól eltérően a fenol savas tulajdonságokat mutat (korábban a fenolt karbolsavnak nevezték). Azonban a vegyület igen gyengén disszociál az oldatban

$$C_6H_5OH \rightleftarrows H^+ + C_6H_5O^-$$

és nem változtatja meg az indikátorok színét.

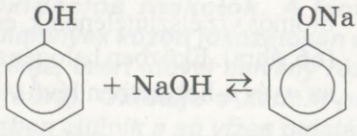


64. ábra.
A fenol nátriummal való reakciója

Reakciók fémekkel. Az olvadáspontig melegített fenol hidrogénfejlődés mellett lép kölcsönhatásba az alkáli fémekkel (64. ábra).

▶ Írjátok le a fenol és nátrium közötti reakció egyenletét!

Reakció lúgokkal. A fenol mint gyenge sav kölcsönhatásba lép lúgok vizes oldataival, aminek eredményeként sók – fenolátok – képződnek:



fenol — nátrium-fenolát

Az ilyen reakciók visszafordíthatók; a fenolátok részlegesen reagálnak a vízzel (oldataik lúgos kémhatásúak).

Ha nátrium-fenolát vizes oldatába szén-dioxidot bocsátanak, akkor fenol képződik:

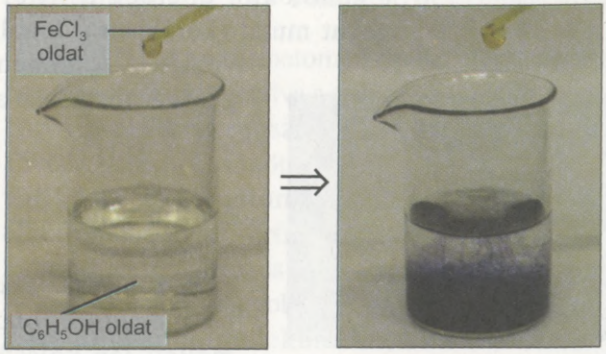
$$C_6H_5ONa + CO_2 \text{ (fölös mennyiség)} + H_2O \rightarrow C_6H_5OH + NaHCO_3$$

Vagyis a fenol a szénsavnál is gyengébb sav.

A fenol kimutatására szolgáló reakció. Ha fenololdathoz vas(III)klorid sárgásbarna oldatát adagolják, akkor az alapoldat ibolyaszínűre változik[1] (65. ábra). Felírjuk a kémiai egyenletet a reakciótermék egyszerűsített képletével:

$$3C_6H_5OH + FeCl_3 \rightarrow \underset{\text{vas(III) fenolát}}{(C_6H_5O)_3Fe} + 3HCl$$

Această reacție se utilizează la identificarea fenolului.

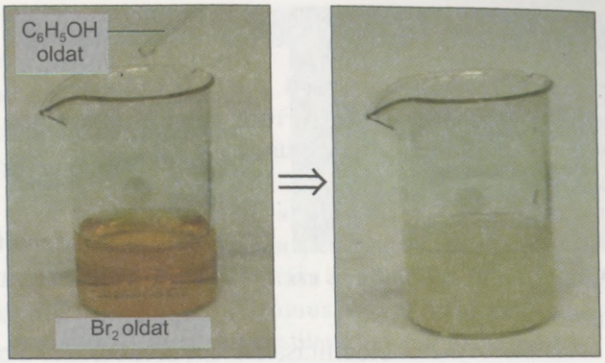


65. ábra.
A fenol reagálása vas(III)kloriddal

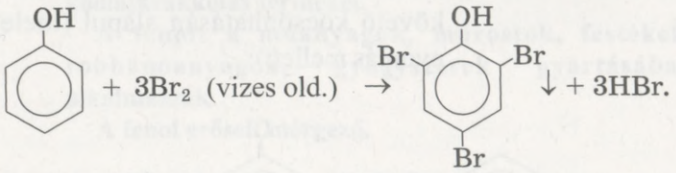
Reakciók a benzéngyűrű részvételével. A hidroxilcsoport aktiválja a fenolmolekula benzéngyűrűjét és elősegíti a hidrogénatomok helyettesítését *orto-* és *para*-helyzetekben.

Reakciók halogénekkel. A benzéntől eltérően a fenol gyorsan, katalizátor nélkül reagál a halogénekkel. A többi között kölcsönhatásba lép vizes brómoldattal. A brómos víz elszíntelenedik, és fehér csapadék képződik (66. ábra). Eközben halogénatomokkal helyettesítődik az *o-* és *p*-helyzetben lévő valamennyi hidrogénatom:

[1] Az alkoholok nem reagálnak a vas(III)klorid vizes oldatával.



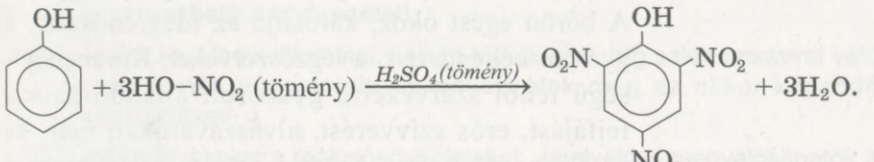
66. ábra. A fenol reagálása brómos vízzel



2,4,6-tribrómfenol

Ez a reakció szintén a *fenol kimutatására szolgál.*

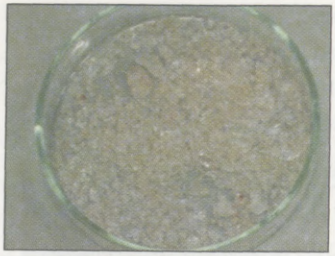
Nitrálási reakció. A fenol közönséges körülmények között kölcsönhatásba lép a híg salétromsavval, aminek eredményeként *o*- és *p*-nitrofenolok keveréke képződik. A fenol nitrálása tömény salétromsav és kénsav keverékével a következő vázlat szerint megy végbe:



2,4,6-trinitrofenol

A reakció terméke a fenolnál erősebb sav. A triviális neve – pikrinsav. A vegyület dörzsölés, 300 °C-ra való melegítés hatására robban; a sói robbanásveszélyesek.

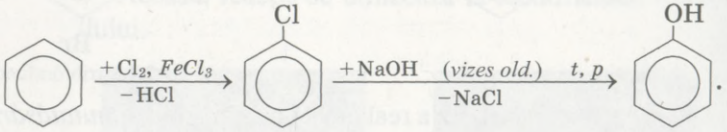
Oxidációs reakciók. A fenolt közönséges körülmények között fokozatosan oxidálja a levegő oxigénje, ezért idővel halvány rózsaszínűvé válik (67. ábra). Oxidálja a kálium-permanganát is; eközben eltűnik a só vizes oldatának ibolyaszíne, és mangán(IV)oxid barna csapadéka képződik.



67. ábra.
Fenol

Tehát a fenolmolekula benzéngyűrűjének és hidroxilcsoportjának kölcsönhatása idézi elő a vegyület savas tulajdonságait, és megkönnyíti a (benzénhez képest) a benzéngyűrűben a helyettesítési reakciókat.

Előállítás. A fenolt kőszéngyantából és a kőolajkrakkolás termékeiből – benzénből és propénből – állítják elő. A fenol ipari előállításának egyik módszere a benzén klórozásán és a klórbenzén lúg tömény vizes oldatával való, ezt követő köcsönhatásán alapul (melegítés és magas nyomás mellett):



Alkalmazás. A fenolt a műanyagok, műrostok, színezékek, robbanóanyagok, gyógyszerek gyártásában alkalmazzák.

Élettani hatás. A fenol erősen mérgező vegyület. A bőrön égést okoz, károsítja az idegrendszert, a gyomor-bélrendszert, a légzőszerveket. Kis mennyiségű fenol szervezetre gyakorolt állandó hatása fejfájást, erős szívverést, alvászavarokat, máj- és vesekárosodást okoz. Nagyon szigorú határértékeket állapítottak meg az ivóvíz fenoltartalmát illetően: 1 l víz nem tartalmazhat 0,001 mg-nál több fenolt.

A környezet fenolszennyezése. A fenol a környezetbe elsősorban kokszkémiai üzemekből, gyantákat és műanyagokat előállító létesítményekből és favegyiüzemekből kerül. A gáznemű anyagokkal a légkörbe, a szennyvizekkel a vizekbe jutva a fenol komoly károkat okoz a növény- és állatvilágban. Az ipari szennyvizek fenoltól való megtisztítása az egyik legfontosabb technológiai feladat.

ÖSSZEGEZÉS

A fenol C_6H_5OH – benzénszármazék, amelynek molekulájában a hidrogénatomot hidroxilcsoport helyettesíti. Ez a vegyület nem tartozik az alkoholok csoportjába.

A fenol – szilárd, színtelen, jellegzetes szaggal rendelkező, forró vízben korlátlanul oldódó vegyület.

A fenol kémiai aktivitása az alkálifémekkel, lúgokkal, vas(III)kloriddal, brómos vízzel való reakciókban mutatkozik meg. A vegyület könnyen oxidálódik.

A fenolgyártás nyersanyaga a kőszéngyanta, a kőolajkrakkolás termékei.

A fenolt a műanyagok, műrostok, festékek, robbanóanyagok, gyógyszerek gyártásában alkalmazzák.

A fenol erősen mérgező.

?

189. Miért mutat a fenol, az etanoltól eltérően, savas tulajdonságokat?

190. Az internet vagy valamilyen más információforrás segítségével készítsetek beszámolót azokról a termelési ágazatokról, amelyek fenollal szennyezhetik a környezetet!

191. Írjátok le a fenol lítiummal, kálium-hidroxiddal, híg salétromsavval való reakcióinak egyenleteit, és nevezzétek meg az ekkor képződő vegyületeket!

192. Írjátok le azokat a reakcióegyenleteket, amelyekkel megvalósíthatók a következő átalakulások:

$$CH_4 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow C_6H_6 \rightarrow C_6H_5Cl \rightarrow C_6H_5OH \rightleftarrows C_6H_5OK$$

193. Mekkora térfogatú hidrogén (n. k. k) fejlődik 2,3 g nátrium és fölös mennyiségű fenol reakciójának eredményeként?

194. Mekkora tömegű klórbenzén szükséges 200 kg fenol előállításához, ha relatív hozama 80%?

195. A szén és oxigén tömegrészei a szerves vegyületben rendre 76,6 és 17,0%-ot tesznek ki, a relatív molekulatömeg pedig – 94. Határozzátok meg a vegyület képletét, tudva, hogy nincsenek izomerjei és reagál a lúgokkal!

23. Aldehidek

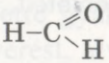
A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- megismerjétek a szerves vegyületek egyik csoportját, az aldehideket;
- a szisztematikus rendszertannak megfelelően tudjátok megnevezni az aldehideket;
- elképzelést alkossatok az aldehid-molekulák szerkezetéről és ezeknek a vegyületeknek az izomériájáról;
- megismerjétek az aldehidek tulajdonságait, előállításuk módjait és felhasználásukat.

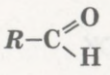
Sok olyan szerves vegyület ismeretes, amelyek molekuláiban az oxigénatom kettős kötéssel kapcsolódik a szénatomhoz. Ilyen vegyületek az *aldehidek*. A $\rangle C{=}O$ atomcsoportot *karbonilcsoportnak* nevezzük.

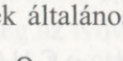
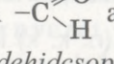
Az aldehidek olyan szénhidrogének származékai, amelyek molekuláiban a karbonilcsoport a szénhidrátmaradékhoz és a hidrogénatomhoz kapcsolódik.

A legegyszerűbb aldehid molekulájában a karbonilcsoporthoz két hidrogénatom kapcsolódik:



Aldehidek



Az aldehidek általános képlete –  vagy ***RCHO***. A  atomcsoportot – másként leírva: –CHO – *aldehidcsoportnak* nevezzük.

Az „aldehid" elnevezés több részből áll (ezek alá vannak húzva): <u>al</u>kohol és <u>dehyd</u>rogenatum (hidrogéntől megfosztott). Valójában bármely aldehidmolekula (például CH_3CHO) két hidrogénatommal kevesebbet tartalmaz, mint a megfelelő alkohol (CH_3CH_2OH).

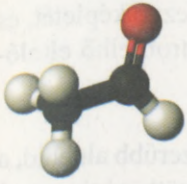
A továbbiakban a *telített aldehidekről* lesz szó. Ezek általános képlete – $C_nH_{2n+1}-C\overset{O}{\underset{H}{}}$, ahol $n = 0, 1, \ldots$ (a képlet egyszerűsített változatban – $C_mH_{2m}O$; $m = 1, 2, \ldots$). Ezek a vegyületek olyan alkánszármazékoknak tekinthetők, amelyek molekuláiban a hidrogénatom aldehidcsoporttal[1] van helyettesítve.

Elnevezés. Az aldehid szisztematikus nevezéktan szerinti neve a megfelelő szénhidrogén (tekintettel az aldehidcsoport szénatomjára) elnevezéséből és az *-al* képzőből áll. A fő szénlánc számozását az aldehidcsoport szénatomjától kezdik. Az aldehidek képleteinek és elnevezéseinek példái:





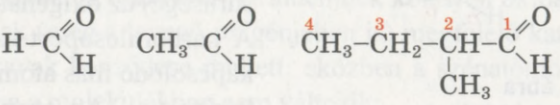
a





b

68. ábra. Aldehidmolekula-modellek: *a* – metanál; *b* – etanál



metanál etanál 2-metilbutanál

A metanál és etanál molekulamodelljei a 68. ábrán láthatók.

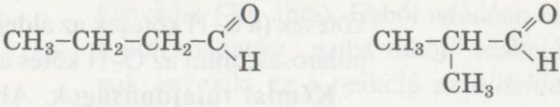
▶ Írjátok le a 2-etil-3-metilbutanál molekulájának szerkezeti képletét!

Az aldehidek triviális neveit a karbonsavak analóg elnevezéseiből képezik (168. old):



hangyasavaldehid (formaldehid) ecetsavaldehid (acetaldehid)

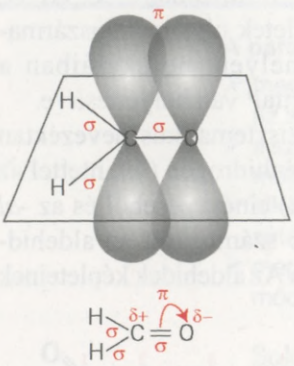
Izoméria. A telített aldehidek (szerkezeti) izomériáját a *szénlánc szerkezete* határozza meg:



butanál metilpropanál

[1] A legegyszerűbb aldehid molekulájában a –CHO atomcsoport hidrogénatomhoz kapcsolódik.

▶ Írjátok le a $C_5H_{10}O$ aldehidek molekuláinak szerkezeti képleteit, és nevezzétek meg a szisztematikus nevezéktan szabályai szerint a vegyületeket!



69. ábra
Kémiai kötések a metanálmolekulában

Molekulaszerkezet. Az aldehid-molekulában a karbonilcsoport $\diagdown C{=}O$ szénatomja három atomhoz kapcsolódik és sp^2-hibridizáció állapotában van (akár a kettős kötést képező $\diagdown C{=}C\diagup$ atomok az alkénmolekulákban). A szénatom és oxigénatom *p*-elektronpályái π-kötést alkotva átfedődnek (69. ábra). A kettős kötés elektronfelhője (elektronsűrűsége) az oxigénatom felé van eltolódva. A karbonilcsoport szénatomja és a hozzá kapcsolódó más atomok egy síkban helyezkednek el. Az ezen atomok középpontjait összekötő egyenesek közötti mindegyik szög 120°.

▶ Írjátok le az etanál-molekula szerkezeti képletét, és mutassátok meg nyilakkal az elektronfelhő eltolódásának irányát!

Fizikai tulajdonságok. A legegyszerűbb aldehid, a metanál közönséges körülmények között szúrós szagú gáz, és jól oldódik a vízben. A kis molekulatömegű aldehidek kellemetlen, olykor fojtó szagú folyadékok, oldódnak a vízben. A többi aldehid – szilárd halmazállapotú, vízben oldhatatlan anyag.

Az aldehidek forráspontja alacsonyabb, mint a megfelelő alkoholoké. Ez azzal magyarázható, hogy az aldehid-molekulák között nincsenek hidrogénkötések (a C–H kötések az aldehidcsoportban kevésbé polárosak, mint az O–H kötés az alkoholban).

Kémiai tulajdonságok. Abból adódóan, hogy a karbonilcsoportban kettős kötés található, az aldehidek egyesülési reakciókba léphetnek. Az oxidációs reakciók is jellemzők rájuk.

Egyesülési reakciók. Az aldehidek katalizátor jelenlétében addícionálják a hidrogént, és elsődleges alkoholokká alakulnak:

$$CH_3-C\begin{matrix}\nearrow O\\ \searrow H\end{matrix} + H_2 \xrightarrow{t,\,Ni} CH_3-CH_2OH;$$

$$R-C\begin{matrix}\nearrow O\\ \searrow H\end{matrix} + H_2 \xrightarrow{t,\,k} R-CH_2OH \text{ (általános alakban).}$$

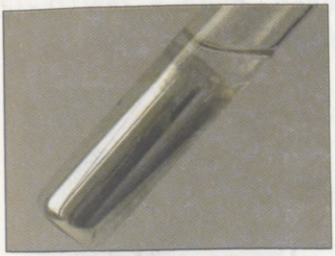
Ezekben a reakciókban az aldehidek redukálódnak. A szerves vegyület redukciója a hidrogénatomok számának növekedését (RCHO $\Rightarrow$ RCH$_2$OH) vagy az oxigénatomok számának csökkenését jelentik a molekulában.

Oxidációs reakciók. Az aldehidek könnyen oxidálódnak (még a levegő oxigénjében is) megfelelő karbonsavak képződése mellett; eközben a szénatomok száma a molekulákban nem változik:

$$\underset{\text{acetaldehid}}{CH_3-C\begin{matrix}\nearrow O\\ \searrow H\end{matrix}} \xrightarrow{+[O]} \underset{\text{ecetsav}}{CH_3-C\begin{matrix}\nearrow O\\ \searrow OH\end{matrix}}$$

Oxidálószerként a kálium-permanganát lehet. (Milyen más szerves vegyületeket oxidál ez a só?)

Az aldehidek, ha meggyújtják őket, égnek a levegőn.



70. ábra.
„Ezüst tükör" kémcső

▶ Írjátok le a metanál égésének reakcióegyenletét!

Kimutatási reakciók. Az aldehideket az ezüst(I)oxid ammóniás oldata oxidálja[1]. Eközben a kémcső oldattal érintkező belső falán fénylő ezüstréteg képződik (70. ábra). Ebből adódóan ezt a kölcsönhatást „ezüst tükör" reakciónak nevezik; ez a reakció az *aldehid-*

[1] Az ezüst(I)oxid oldódását vizes ammóniaoldatban a következő kémiai reakció magyarázza: $Ag_2O + 4NH_3 + H_2O = 2[Ag(NH_3)_2]OH$.

csoport kimutatására szolgál a szerves vegyület molekulájában:

$$R-C\overset{O}{\underset{H}{<}} + Ag_2O + NH_3 \xrightarrow{t,\,H_2O} R-C\overset{O}{\underset{ONH_4}{<}} + 2Ag\downarrow.$$

10. SZ. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET

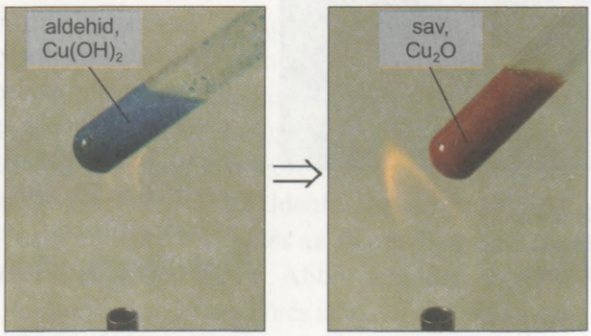
Aldehid oxidálása ezüst(I)oxiddal

Öntsetek kémcsőbe 1 ml 2%-os ezüstnitrát-oldatot, és adjatok hozzá cseppenként 5%-os vizes ammóniaoldatot a kezdetben képződő csapadék feloldódásáig (igyekezzetek elkerülni ammóniafölösleg kialakulását)!

Adagoljatok a kémcsőbe 1 ml 40%-os metanáloldatot (vagy etanáloldatot), és óvatosan melegítsétek az egész felületét a szeszégő lángjában való mozgatásával! A folyadékot ne melegítsétek forrásig! (A kémcső forró vizet tartalmazó edénybe is meríthető.) Figyeljétek meg, hogyan képződik az „ezüst tükör" a kémcső belső falán[1]!

Írjátok le a megfelelő kémiai egyenleteket!

Az aldehidek kimutatására szolgáló másik reakcióban a frissen kicsapódó réz(II)hidroxidot alkalmazzák. A csapadék égszínkék színe aldehiddel való melegítés hatására sárgára változik réz(I)hidroxid képződése következtében, majd a réz(I)oxid narancsvörös színét veszi fel (71. ábra):



71. ábra. Aldehid reakciója réz(II)hidroxiddal

[1] Az ezüst sötét csapadék alakjában is kicsapódhat.

$$R-C\begin{matrix}\nearrow O\\ \searrow H\end{matrix} + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t} R-C\begin{matrix}\nearrow O\\ \searrow OH\end{matrix} + 2CuOH + H_2O;$$

$$2CuOH \xrightarrow{t} Cu_2O + H_2O.$$

11.SZ. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET

Aledehid oxidálása réz(II)hidroxiddal

Kémcsőbe öntsetek 2 ml nátrium-hidroxid oldatot, és adjatok hozzá 3–4 csepp réz(II)szulfátot! Kavarjátok meg a kémcső tartalmát.

A csapadék megjelenése előtt öntsetek a kémcsőbe 1 ml 40%-os metanál (etanál) oldatot és óvatosan melegítsétek a kémcső tartalmát! Figyeljétek meg a csapadék képződését, majd színének a változását[1].

Írjátok le a megfelelő reakcióegyenletet!

Előállítás. *Iparilag* az aldehideket elsődleges alkoholok dehidrálásával és oxidálásával, alkének oxidálásával és más reakciókkal állítják elő.

Az acetaldehid (etanál) előállításának ipari eljárása az etén katalitikus oxidálásán

$$CH_2{=}CH_2 + [O] \xrightarrow{PdCl_2,\ CuCl_2} CH_3-C\begin{matrix}\nearrow O\\ \searrow H\end{matrix},$$

etanol dehidrálásán vagy oxidálásán alapul:

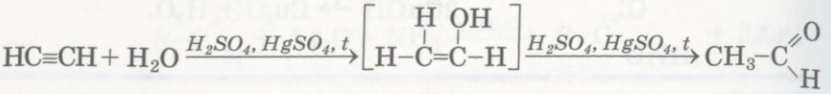
$$CH_3-CH_2OH \xrightarrow{Cu,\ 300\,^\circ C} CH_3-C\begin{matrix}\nearrow O\\ \searrow H\end{matrix} + H_2;$$

$$CH_3-CH_2OH + [O] \xrightarrow{k,\ t} CH_3-C\begin{matrix}\nearrow O\\ \searrow H\end{matrix} + H_2O.$$

Régebben az etanált az iparban etén hidratációjával állították elő. Ez a reakció melegítés hatására, kénsav és higanysó katalizátor jelenlétében megy végbe. Az

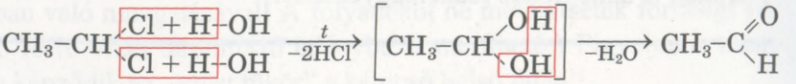
[1] Ilyen reakció lejátszódásakor előfordul, hogy réz képződik, amely az ezüsthöz hasonlóan „tükörként" vonja be a kémcső belső falát.

etén vízzel való kölcsönhatásának köztes terméke a vinilalkohol[1].



Ezt a reakciót 1881-ben fedezte fel M. G. Kucserov. Ma már nem alkalmazzák a higanyvegyületek toxikussága miatt.

Laboratóriumban az aldehidek olyan dihalogén szénhidrogén-származékokból állíthatók elő hidrolízissel, amelyek molekuláiban mindkét halogénatom a szénlánc két szélső szénatomjához kapcsolódik. Az etanál hasonló eljárással történő előállításának módszere:



(Korábban szó volt róla, hogy azok a molekulák, amelyekben két OH csoport van egy szénatom mellett, instabilak.)

Alkalmazás. A metanál vagy formaldehid a gépgyártásban és elektrotechnikában felhasznált fenolformaldehid polimerek előállításának kiindulási anyaga. A 40% tömegrész formaldehidet tartalmazó oldatot formalinnak nevezzük. A formalint fertőtlenítőszerként és biológiai preparátumok tartósítószereként alkalmazzák. Acetaldehidből ecetsavat, etilalkoholt és más szerves vegyületeket állítanak elő. A kellemes illattal rendelkező aldehideket az illatszergyártásában használják.

Élettani hatás. Az aldehidek kedvezőtlenül hatnak az idegrendszerre, irritálják a bőrt, allergiát okoznak. Legmérgezőbb a metanál. Ez kancerogén anyag, a dohányfüst is tartalmazza, a légköri levegőbe pedig a faforgácslapok gyártása során kerül.

[1] A vinilalkohol instabilitásáról a 132. oldalon volt szó.

ÖSSZEGEZÉS

Az aldehidek – szénhidrogén-származékok, amelyeknek a molekuláiban a hidrogénatomot –CHO aldehidcsoport helyettesíti. Az aldehidek általános képlete – *R*CHO.

Az aldehid szisztematikus nevezéktana szerint képzett neve a megfelelő szénhidrogén elnevezéséből (az aldehidcsoport szénatomjának figyelembevételével) és az *-al* képzőből áll.

Az aldehidek izomériája a szénlánc eltérő szerkezetével függ össze.

A metanál közönséges körülmények között gáz, a többi aldehid – folyadék vagy szilárd anyag. A kis molekulatömegű vegyületek oldódnak a vízben.

Az aldehidekre jellemzők az egyesülési és oxidációs reakciók. Az aldehidek éghető anyagok.

Az iparban az aldehideket alkének oxidációjával, dehidrogénezésével és elsődleges alkoholok oxidálásával állítják elő, laboratóriumban meghatározott szerkezetű dihalogén szénhidrogén-származékok vízzel való reagáltatásával készítik.

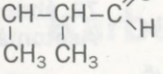
Az aldehidek közül leggyakrabban a metanált és etanált használják. Ezek mérgező anyagok.

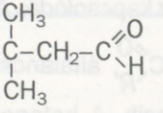
?

196. Előrejelezhetők-e a metanál-molekula szerkezete alapján a vegyület kémiai tulajdonságai? Feleleteteket indokoljátok meg!

197. Írjátok le 2-metilénpentanál és klóretanál molekuláinak szerkezeti képletét!

198. Nevezzétek meg a szisztematikus nevezéktan szerint a következő vegyületeket:

a) 

b) 

199. Nevezzétek meg azokat a vegyületeket, amelyek a C_4H_8O összetételű aldehidek redukálódásakor képződnek! Írjátok le a megfelelő reakcióegyenleteket!

200. Írjátok le az alkoholok oxidációjának alábbi termékek képződést eredményező reakcióegyenleteit:

a) metilpropanál;

b) 2,3-dimetilbutanál!

201. Írjátok fel azokat a reakciókat, amelyekkel megvalósíthatók az alábbi átalakulások, és jellemezzétek lezajlásuk körülményeit:

$$CH_4 \rightarrow CH_3Br \rightarrow CH_3OH \rightarrow HCHO \rightarrow CH_3OH.$$

202. Állítsátok össze a propanál előállításának reakcióegyenleteit:

a) alkohol oxidációja;
b) alkohol dehidrogénezése;
c) monoklór alkánszármazékból;
d) dihalogén alkánszármazékból!

203. Írjátok le általános alakban a telített egyatomos alkohol dehidrogénezési reakcióját!

204. Határozzátok meg annak az aldehidnek a képletét, amelynek relatív molekulatömege 86 és molekulájában szén a negyedik atom!

205. 40% tömegrész etanált tartalmazó 100 g oldat ezüst(I)oxid ammóniás oldatával való reakciójának eredményeként 21,6 g ezüst képződött. Reagált-e az aldehid teljes mennyisége? Feleleteteket alapozzátok számításokra!

KÍVÁNCSIAKNAK

Aceton

Az aceton CH_3COCH_3 – az egyik legelterjedtebb szerves oldószer (72. ábra). A háztartásokban festékek oldószereként, folttisztítóként, felületek szerves eredetű szennyeződésektől való tisztítására használják.



72. ábra.
Acetontároló edények

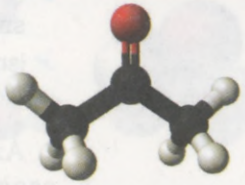
Az aceton szerkezeti képlete – $CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3$ (73. ábra). Ebben a molekulában, akárcsak az aldehid-molekulákban, karbonilcsoport $\diagdown C=O \diagup$ található, de ez két szénhidrogén- (metil-) maradékhoz kapcsolódik. Az aceton a ketonokhoz – az $R-C\overset{\overset{O}{\|}}{\diagdown R'}$, általános képletű – vegyületekhez tartozik. A ketonok molekulájában lévő szénhidrogén-maradékok lehetnek különbözők vagy egyformák. Az aceton szisztematikus elnevezése – propanon.

Az acetonnak vannak izomerjei az aldehidek között (a csoportközi izoméria egyik példája):

$$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3 \qquad CH_3-CH_2-C\overset{\overset{O}{\|}}{\diagdown H}$$

Az aceton – színtelen, könnyen gyulladó, specifikus szaggal rendelkező, a vízben korlátlanul oldódó, +56,5 °C forráspontú folyadék.

Kémiai aktivitását tekintve az aceton elmarad az aldehidektől. Melegítés hatására, katalizátor jelenlétében addícionálja a hidrogént, és másodlagos alkohollá redukálódik (az aldehidek az ilyen reakciókban elsődleges alkoholokká alakulnak):



73. ábra.
Az aceton molekulamodellje

$$CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3 + H_2 \xrightarrow{t, Ni} CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_3.$$

Az aceton nehezebben oxidálódik, mint az aldehidek, és csak az erős oxidálószerekkel lép kölcsönhatásba. Eközben molekulájának szénlánca mindkét oldalról leszakad a karbonilcsoportról, és sav képződik:

$$CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3 \xrightarrow{+3[O]} H-C\overset{O}{\underset{OH}{<}} + CH_3-C\overset{O}{\underset{OH}{<}}$$

Az aldehidektől eltérően az aceton nem reagál az ezüst(I)oxid és réz(II)hidroxid ammóniás oldataival lúgos közegben.

Aceton képződik propán-2-ol oxidálása során

$$CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_3 + [O] \xrightarrow{t} CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3 + H_2O,$$

propin hidratációjának (Kucserov-reakció) eredményeként.

A vegyipar jelentős mennyiségű acetont használ. Festékek, lakkok, műgyanták oldószerekeként és acetátszálak, szerves üveg, fényképlemezek és filmszalagok gyártására alkalmazzák.

24. Karbonsavak

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- felidézzétek, milyen vegyületek tartoznak a karbonsavakhoz;
- megismételjétek ezeknek a savaknak a csoportosítását;

- összetudjátok állítani a szisztematikus nevezéktan szerint a karbonsavak nevét;
- ismereteket szerezzetek a karbonsavak izomériájáról.

Az oxigéntartalmú szerves vegyületek egyik fontos csoportját képezik a *karbonsavak*. Ezeknek a vegyületeknek a molekuláiban két oxigénatomot tartalmazó funkcionális $-C\overset{O}{\underset{OH}{}}$ vagy –COOH csoport található. A neve – *karboxilcsoport*.

A karbonsavak – a molekuláikban egy vagy több karboxilcsoportot tartalmazó szénhidrogén származékok.

A karboxilcsoport neve a C=O és O–H atomcsoportok névrészeiből (alá vannak húzva) állnak: karbonil, hidroxil.

A molekulájukban egy karboxilcsoportot tartalmazó karbonsavak általános képlete – $R-C\overset{O}{\underset{OH}{}}$ vagy *R*COOH.

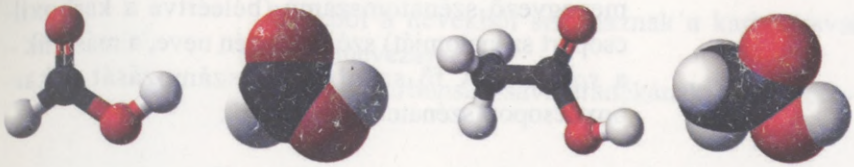
Egyértékű karbonsavak

$R-C\overset{O}{\underset{OH}{}}$

Előfordulás a természetben. Már tudjátok, hogy a karbonsavak a növényekben – almában, szőlőben fordulnak elő; a citromsav a citrusfélékben, a sóskasav a sóskában található. A karbonsavak az állatvilágban is megtalálhatók: a hangyasav a hangyák váladékaiban, a tejsav az emlősök tejében, és az izmokban halmozódik fel nagy megterhelés után. Ezért nem véletlen, hogy egyes savak triviális elnevezése a megfelelő növények és állatok neveiből ered.

Csoportosítás. A karbonsavakat több ismérv alapján csoportosítják.

Attól függően, hogy hány karboxilcsoport található a molekulában, megkülönböztetnek *egyértékű* vagy monokarbonsavakat (molekulájukban egy –COOH csoport van, 74. ábra), *kétértékű* vagy dikarbonsavakat (molekulájukban két –COOH csoport van).



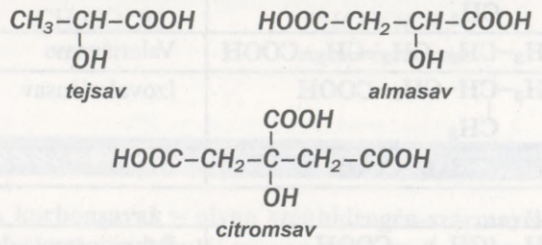
a b

74. ábra.
A hangyasav (*a*) és ecetsav (*b*) molekulamodelljei

A karbonsavakat a molekuláiban lévő kémiai kötések sajátosságai szerint *telítettekre* (5. táblázat), *telítetlenekre* (például az akrilsav CH_2=CH–COOH, oleinsav CH_3–$(CH_2)_7$–CH=CH–$(CH_2)_7$–COOH), *aromásakra* (benzoát- vagy benzoésav C_6H_5–COOH).

A telített monokarbonsavak általános képlete – $\mathbf{C_nH_{2n+1}COOH}$, ahol $n = 0, 1, \ldots$. Mindegyik elem atomjait összeadva a $C_{n+1}H_{2n+2}O_2$ vagy $C_mH_{2m}O_2$ ($m = 1, 2, \ldots$) képletet kapjuk.

Egyes karbonsavak molekuláiban, a karboxilcsoporton kívül, más funkcionális csoportok is előfordulnak. Tekintettel erre megkülönböztetnek a többi között hidroxisavakat, aminosavakat. A legfontosabb hidroxisavak képletei és elnevezései:



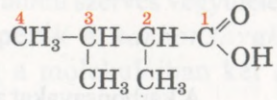
Azokat a savakat, amelyek molekulái 10 vagy több szénatomot tartalmaznak, *nagyszénatomszámúaknak* nevezzük.

A legegyszerűbb összetételű savak – hangyasav HCOOH és sóskasav HOOC–COOH (másik neve – oxalátsav) – molekuláiban nincsenek szénhidrogénmaradékok.

Elnevezés. A karbonsavak esetében leggyakrabban a triviális neveket használják (5. táblázat).

Az egyértékű karbonsav szisztematikus nevezéktan szerint képzett neve két szóból áll. Az első szó a savéval

megegyező szénatomszámú (beleértve a karboxilcsoport szénatomját) szénhidrogén neve, a második – a *sav* szó. A fő szénlánc sorszámozását a karboxilcsoport szénatomjától kezdik:



2,3 – dimetilbutánsav

5. táblázat

A telített monokarbonsavak képletei és elnevezései

A sav képlete	A sav neve	
	triviális	szisztematikus
$H-COOH$	Hangyasav	Metánsav
CH_3-COOH	Ecetsav	Etánsav
CH_3-CH_2-COOH	Propionsav	Propánsav
$CH_3-CH_2-CH_2-COOH$	Vajsav	Butánsav
$CH_3-CH(CH_3)-COOH$	Izovajsav	Metilpropánsav
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-COOH$	Valeriánsav	Pentánsav
$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-COOH$	Izovaleriánsav	3-metilbutánsav
$CH_3-(CH_2)_4-COOH$	Kapronsav	Hexánsav
	. . .	
$CH_3-(CH_2)_{14}-COOH$	Palmitinsav	Hexadekánsav
$CH_3-(CH_2)_{15}-COOH$	Margarinsav	Heptadekánsav
$CH_3-(CH_2)_{16}-COOH$	Sztearinsav	Oktadekánsav

A legegyszerűbb karbonsavakat néha latinul nevezik meg: HCOOH – formiátsav, CH_3COOH – acetátsav. Gyakran anionjaik megfelelő elnevezéseit használják:



formiát-ion acetát-ion

Ezekből a nevekből származnak a karbonsavak sóinak elnevezései

A monokarbonsav savmaradékának ionképlete – $RCOO^-$.

▶ Írjátok le kalcium-formiát, ammónium-acetát képleteit!

A karbonsavak anionjainak szisztematikus nevezéktan szerinti elnevezéseit úgy képezzük, hogy a megfelelő szénhidrát nevéhez az *-oat* képzőt toldjuk: $HCOO^-$ – metanoát-ion, CH_3HCOO^- – etanoát-ion.

A karbonsavak (szerkezeti) izomériája molekuláik *szénláncának eltérő szerkezetével* van összefüggésben, míg a telítetlen savak esetében a *többes kötés helye* is szerepet játszik. A telített sor három legegyszerűbb monokarbonsavnak nincsenek izomer savai, a C_3H_7COOH képletnek két sav felel meg (5. táblázat).

A karbonsavakra (a metánsav kivételével) is jellemző a csoportközi izoméria. Mindegyik sav izomerje észter:

CH_3COOH	$HCOOCH_3$
ecetsav	ecetsav-metilészter

ÖSSZEGEZÉS

A karbonsavak – olyan szénhidrogén-származékok, amelyeknek a molekulái egy vagy több karboxilcsoportot tartalmaznak. Az egyértékű karbonsavak általános képlete – RCOOH.

A karbonsavak elterjedtek a természetben.

A karbonsavakat a molekulájukban lévő karboxilcsoportok száma és a szénláncukban található kötések tulajdonságai szerint csoportosítják. Ezen vegyületek esetében általában a triviális nevet használják.

A karbonsavak izomériája molekuláik szénláncának eltérő szerkezetével van összefüggésben, míg a telítetlen savak esetében a többes kötés helye is szerepet játszik. A karbonsavakra a csoportközi izoméria jellemző, izomerjeik észterek.

?

206. Magyarázzátok meg, milyen okai vannak a karbonsavak sokféleségének?

207. Keressétek meg a megfelelést!

A sav neve	Savtípus
1) sóskasav;	a) egyértékű;
2) ecetsav,	b) kétértékű;
3) benzoátsav;	c) telített;
4) akrilsav;	d) aromás;
5) oleinsav;	e) nagyszénatomszámú;
6) sztearinsav;	f) telítetlen.

208. Nevezzétek meg az alábbi szerkezeti képletekkel rendelkező savakat:

a) $CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-COOH$;

b) $CH_3-\underset{\displaystyle C_2H_5}{\underset{|}{CH}}-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-COOH$;

c) $\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH_2}}-CH_2-COOH$.

209. Írjátok le a dimetilpropánsav és a 3-metil-2-klórpentánsav szerkezeti képleteit!

210. Írjátok le a $C_6H_{12}O_2$ képletű savak szerkezeti képleteit, tudva, hogy fő szénláncuk négy szénatomot tartalmaz. Nevezzétek meg a vegyületeket!

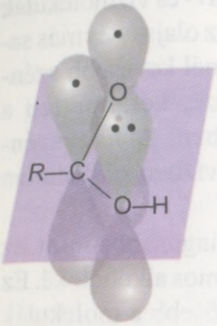
211. Vezessétek le annak a telített egyértékű karbonsavnak a képletét, amelyben az oxigén tömegrésze 31,17%!

212. A telített egyértékű karbonsav móltömege 116 g/mol és két harmadlagos szénatom van a szénhidrogén-maradékában. Vezessétek le a sav képletét, és nevezzétek meg!

25. Telített egyértékű karbonsavak

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

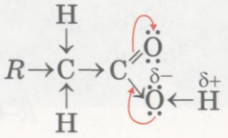
- előre jelezzétek a savak sajátosságait molekulaszerkezetük alapján;
- megismételjétek a karbonsavak tulajdonságait;
- ismereteket szerezzetek a savak előállításáról és felhasználási területükről.



75. ábra.
A karboxilcsoport atomjaiban lévő *p*-elektronpályák átfedése

A molekulák elektronszerkezete. A karboxilcsoportban a $-C\overset{O}{\underset{OH}{}}$ a szénatom sp^2-hibridizációs állapotban található. Ezért a hozzá kapcsolódó atomok egy síkban helyezkednek el[1]. A karboxilcsoport szénatomjának *p*-elektronpályája nem csak „szélső" oxigénatom *p*-elektronpályájával (ennek köszönhetően π-kötés jön létre a C=O karbonilcsoportban), és az OH hidroxilcsoport oxigénatomjának elektronpályájával alkot átfedést. Ennek következtében a karboxilcsoport három atomja között egységes π-elektronrendszer jön létre (75. ábra).

Ebben a rendszerben az elektronsűrűség erősen el van mozdulva a karbonilcsoport oxigénatomja felé. Ezért az O–H kötés polárosabb, mint az alkoholokban. A –COOH csoport szénatomja pozitív töltésre tesz szert; feléje tolódik el ez elektronsűrűség a szénhidrogéngyöktől:



A karboxilcsoport megléte a savmolekulában megkönnyíti az ezen csoportokhoz legközelebb elhelyezkedő szénatomhoz kapcsolódó hidrogénatomok helyettesítését.

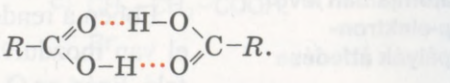
A karbonsavak molekulaszerkezetének sajátosságai lehetővé teszik ezeknek a vegyületeknek a reagálását az O–H, C–OH és C–H kötések felhasadásával (a karboxilcsoporthoz kapcsolódó CH_2 csoportban).

Fizikai tulajdonságok. A hangyasav, ecetsav és propionsav közönséges körülmények között szúrós szagú, vízzel oldat képződése mellett korlátlanul elegyedő fo-

[1] Az ezen atomok középpontjait összekötő vonalak közötti szögek megközelítik a 120°-ot.

lyadékok. Az oldódásnak kedvez a sav- és vízmolekulák között képződő hidrogénkötések. Az olajsav és más savak, amelyek molekuláiban kilencnél kevesebb szénatom található, olajos folyadékok, kellemetlen a szaguk és rosszul oldódnak vízben. A nagyszénatomszámú karbonsavak szilárd, vízben oldhatatlan anyagok.

A karbonsavak forráspontja magasabb, mint az ugyanolyan szénatomszámú egyatomos alkoholoké. Ez azt bizonyítja, hogy a savakban erősebb a molekulák közötti kölcsönhatás. Míg a két alkoholmolekula között csak egy hidrogénkötés jön létre (136. old.), addig a savmolekulák között kettő:



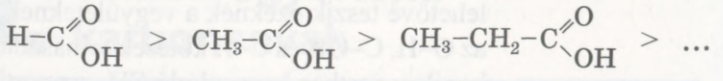
A két egymáshoz kapcsolódó molekulát dimernek nevezzük. A ciklikus szerkezetű dimerek elég stabilak.

Kémiai tulajdonságok. A karbonsavak, a szervetlen savakhoz hasonlóan, hidrogén kationokra és savmaradékok anionjaira disszociálnak vizes oldatokban:

$$R\text{–}COOH \rightleftarrows H^+ + R\text{–}COO^-.$$

A disszociáció a molekulákon belüli poláros O–H kötések felhasadása következtében megy végbe.

Minden karbonsav gyenge sav. Molekuláik szénláncának a hosszabbodásával együtt csökken a telített egyértékű karbonsavak ereje:

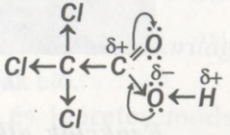


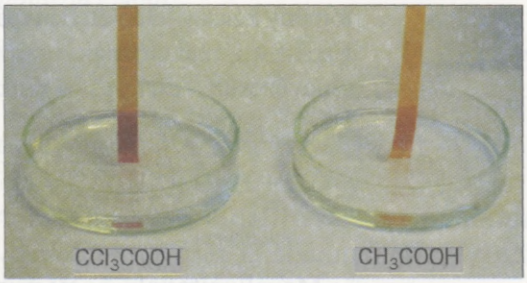
Az ecetsav gyengébb, mint a hangyasav. A szénhidrogén CH_3 gyök jobban dúsítja a COOH csoport szénatomjának elektronfelhőjét, mint a hidrogénatom

[1] Termenul provine de la grecescul prefix *di(s)* – dublu şi cuvântul *meros* – parte.

a HCOOH molekulában. Ez okozza az O–H kötés csökkent polaritását a CH_3COOH molekulában.

Ha a hidrogénatomokat a savmolekula szénhidrogén-maradékában nagyobb elektronegativitású halogén elem atomjaival helyettesítik, akkor lényegesen megnő a molekulának a H^+ iont lehasító képessége, azaz megnő a sav erőssége (76. ábra). Ennek oka az, hogy a molekulában az elektronfelhő halogénatomok hatására történő újraelosztása megnöveli az O–H kötés polaritását:





76. ábra.
Az univerzális indikátor színe a triklór-ecetsav és ecetsav azonos töménységű oldataiban.

Reakciók fémekkel, oxidokkal, hidroxidokkal, sókkal. A karbonsavak, a szervetlen savak többségéhez hasonlóan, hidrogénfejlődés mellett lépnek kölcsönhatásba a fémekkel

$$Fe + 2CH_3COOH \rightarrow (CH_3COO)_2Fe + H_2\uparrow,$$

bázisos oxidokkal, bázisokkal, egyes amfoter oxidokkal és hidroxidokkal, gyenge savak sóival (például karbonátokkal):

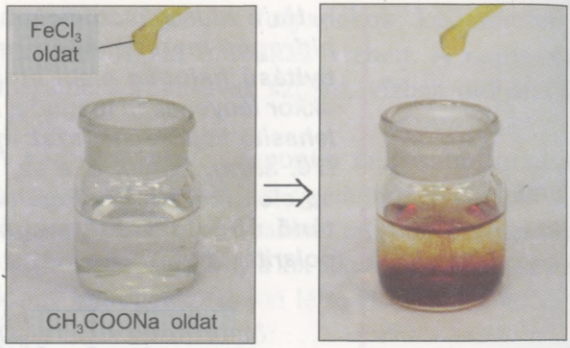
$$2HCOOH + CaO \rightarrow (HCOO)_2Ca + H_2O;$$

$$2CH_3COOH + Na_2CO_3 \rightarrow 2CH_3COONa + CO_2\uparrow + H_2O.$$

▶ Írjátok le a propánsav kálium-hidroxiddal való reakciójának egyenletét!

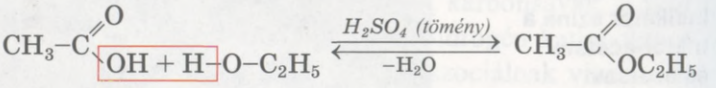
Ha a alkáli- vagy alkáliföldfém acetátjának színtelen oldatához kevés sárgásbarna vas(III)kloridot adnak,

akkor vörös színűvé válik (77. ábra). Hasonló reakcióval mutatható ki oldatban az acetát-ion.



77. ábra.
Az acetát-ion kimutatására szolgáló reakció

Reakciók alkoholokkal. A karbonsavak kevés tömény kénsav jelenlétében reagálnak az alkoholokkal. Ezeknek a reakcióknak a termékei *észterek*. Innen az elnevezésük – *észterezési reakciók*.



ecetsav etilalkohol ecetsav-etil-észter

Megállapították, hogy mindegyik vízmolekula a savmolekula OH csoportjának és az alkoholmolekula hidroxilcsoportjában lévő hidrogénatomnak köszönhetően képződik.

Az észterekről részletesen a 27. §-ban tanulunk.

> ***Az ecetsav stabil az oxidálószerek hatásával szemben. Nem reagál például a kálium-permanganáttal. Azonban ennek a savnak a gőze meggyújtható a levegőn.***

A hangyasav specifikus tulajdonságai. A hangyasav az egyetlen karbonsav, amelynek molekulája aldehidcsoportot  tartalmaz. Ezért a hangyasavat, akár az aldehideket, oxidálja a kálium-permanganát,

ezüst(I)oxid az ammóniumoldatban (vagyis „ezüst tükör" reakció megy végbe):

$$H-C(=O)-OH + [O] \rightarrow \left[HO-C(=O)-OH, \text{ або } H_2CO_3\right] \rightarrow CO_2\uparrow + H_2O;$$

$$H-C(=O)-OH + Ag_2O + 2NH_3 \xrightarrow{t,\ H_2O} 2Ag\downarrow + (NH_4)_2CO_3.$$

Tömény kénsavval való melegítéskor a hangyasav szén(II)oxidra és vízre bomlik:

$$HCOOH \xrightarrow{t,\ H_2SO_4(\text{tömény})} CO\uparrow + H_2O.$$

Előállítás. A karbonsavat *iparilag* főként oxidációs reakciókkal állítják elő.

Az alapvető és ígéretes módszer az *alkánok oxidálásán* alapul:

$$\underset{n\text{-bután}}{2CH_3CH_2CH_2CH_3} + 5O_2 \xrightarrow{t,\ p,\ k} \underset{\text{ecetsav}}{4CH_3COOH} + 2H_2O.$$

$$\underset{\text{metán}}{2CH_4} + 3O_2 \xrightarrow{t,\ k} \underset{\text{hangyasav}}{2HCOOH} + 2H_2O.$$

A karbonsavak előállítására az *aldehidek* és *alkoholok* oxidálását is alkalmazzák. Az aldehid részvételével kapott reakciótermék sav

$$CH_3-C(=O)-H \xrightarrow{+[O]} CH_3-C(=O)-OH$$

Alkoholok oxidálása során a savak az átalakulás második szakaszában képződnek:

$$\underset{\text{elsődleges alkohol}}{R-CH_2-OH} \xrightarrow[-H_2O]{+[O]} \underset{\text{aldehid}}{R-C(=O)-H} \xrightarrow{+[O]} \underset{\text{sav}}{R-C(=O)-OH}$$

Régen az ecetet borból állították elő. Ha a bor, amelyben az etanol tömegrésze nem haladja meg a 10%-ot, levegővel érintkezik, akkor két-három hét alatt speciális baktériumok közreműködésével az alkohol ecetsavvá oxidálódik. Ezt a folyamatot ecetsavas erjedésnek nevezzük. Az ilyen módon kapott ecetsav oldatát borecetnek mondjuk.

A metánsav ipari előállításának egyik módszere a szén(II)oxid nátronmésszel (nátrium- és káliumhidroxid keveréke) való reakcióján és a nátrium-formiát és kénsav ezt követő reagálásán alapul:

$$CO + NaOH \xrightarrow{t,p} HCOONa \xrightarrow[-Na_2SO_4]{+H_2SO_4} HCOOH.$$

Laboratóriumban a karbonsavakat elsősorban a sóik erős szervetlen savakkal (rendszerint kénsavval) való reakciói révén állítják elő:

$$RCOONa + H_2SO_4 \text{ (fölös mennyiség)} \rightarrow RCOOH + NaHSO_4.$$

Alkalmazás. A karbonsavak közül legnagyobb mennyiségben a karbonsavakat és az ecetsavat használják fel. Az ecetsavat mindenekelőtt az élelmiszer-, bőr- és vegyiparban, textíliák festésére, műrostok gyártására és háztartási célokra (savanyításra, ételízesítésre) alkalmazzák. Az iparban étkezési ecetet (5–10% tömegrész ecetsavat tartalmazó oldat), ecetesszenciát (70–80%), almaecetet is előállítanak. A hangyasavat a szerves szintézisben, textiliparban, gyógyászatban, festék- és gumigyártásban alkalmazzák.

ÖSSZEGEZÉS

A karbonsavak közönséges körülmények között folyadékok vagy szilárd anyagok. Oldhatóságuk a vízben szénláncuk rövidülésével együtt csökken. Ezeknek a vegyületeknek magasabb a forráspontjuk, mint a molekuláikban ugyanannyi szénatomot tartalmazó egyatomos alkoholoknak.

A karbonsavak disszociálnak vizes oldatokban, reagálnak a fémekkel, egyes oxidokkal és hidroxidokkal, sókkal, valamint alkoholokkal.

Az iparban a karbonsavakat alkánok, alkoholok, aldehidek oxidálásával, laboratóriumban sóik erős szervetlen savakkal való reakcióival állítják elő.

A karbonsavakat a vegyiparban, bőrök feldolgozásában, textiliparban, egészségügyben és háztartásokban használják.

?

213. Magyarázzátok meg, miért erősebb a hangyasav az ecetsavnál! Írjátok le a két vegyület elektrolitikus disszociációjának vázlatát!

214. Írjátok le a reakciók egyenleteit, és nevezzétek meg a termékeiket:
   a) $HCOOH + Mg \rightarrow$
   $CH_3COOH + Pb(OH)_2 \rightarrow$
   $HCOOH + Na_2SiO_3 \rightarrow$
   b) $CH_3COOH + CuO \rightarrow$
   $C_2H_5COOH + K_2CO_3 \rightarrow$
   $C_2H_5COOH + C_4H_9OH \rightarrow$

215. Egészítsétek ki az ionos és molekula-egyenleteket, ion- és molekulaképleteket írva a hármas pontok helyére, és írjátok le a megfelelő molekulaegyenleteket:
   a) $H^+ + C_2H_5COO^- \rightarrow \ldots$;
   b) $OH^- + C_2H_5COOH \rightarrow \ldots + \ldots$;
   c) $SiO_3^{2-} + 2CH_3COOH \rightarrow \ldots + \ldots$.

216. Írjátok le azoknak a reakcióknak az egyenleteit, amelyekkel megvalósíthatók az alábbi átalakulások (az utolsó feladatokban a hármas pontok helyére írjátok be a megfelelő vegyületek képleteit):
   a) $C \rightarrow CaC_2 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow CH_3CHO \rightarrow CH_3COOH$;
   b) $CH_4 \rightarrow \ldots \rightarrow C_2H_6 \rightarrow C_2H_5Br \rightarrow \ldots \rightarrow CH_3CHO \rightarrow \ldots \rightarrow$
   $\rightarrow CH_3COOC_3H_7$;
   c) $C_2H_6 \rightarrow C_2H_5Cl \rightarrow \ldots \rightarrow C_4H_9Cl \rightarrow C_4H_9OH \rightarrow \ldots \rightarrow C_3H_7COOH \rightarrow$
   $\rightarrow C_3H_7COONa$

   Jelezzétek, milyen feltételek szükségesek a reakciók lefolyásához!

217. Határozzátok meg az ecetsav tömegrészét a 100 g 80%-os savoldatban, ha ahhoz
   a) 100 ml vizet adnak;
   b) 100 g 9%-os ecetsavoldatot adnak;
   c) 100 ml 20%-os, 1,026 g/ml sűrűségű ecetsavoldatot adnak.

218. A nátrium-hidroxid 20% tömegrész lúgot tartalmazó oldatának mekkora tömege szükséges 50 g, 7,4% tömegrész savat tartalmazó propánsavoldat semlegesítéséhez?

219. Mekkora térfogatú vízzel kell feloldani 150 ml ecetesszenciát (ecetsav 1,07 g/cm^3 sűrűségű, 70% tömegrész ecetsavat tartalmazó oldata), hogy 5% tömegrész ecetsavat tartalmazó oldatot kapjunk?

220. Hangyasav és ecetsav 8,3 g tömegű keverékéhez elegendő mennyiségű étkezési szódát adtak. Eközben 3,36 l gáz fejlődött (n. k. k.). Határozzátok meg a savak tömegrészeit a keverékben! Vegyétek figyelembe, hogy a gáz nem oldódik a folyadékban!

2. SZ. GYAKORLATI MUNKA

Az etánsav (ecetsav) tulajdonságai

1. SZ. KÍSÉRLET

Az etánsav és sósav összehasonlítása disszociációs képességük alapján

Merítsétek az üvegpálcikát híg etánsavoldatot tartalmazó kémcsőbe, és vigyétek az oldat egy cseppjét univerzális indikátor papírcsíkjára! Végezzétek el ugyanezt híg sósavoldattal! Vessétek össze az indikátorcsíkok színét, és vonjátok le a megfelelő következtetéseket!

Írjátok le a savak elektrolitos disszociációjának egyenleteit!

2. SZ. KÍSÉRLET

Etánsav reakciója fémmel

Kémcsőbe helyezzetek kevés magnéziumport vagy -forgácsot, és öntsetek hozzá 1–2 ml etánsavoldatot! Mi történik?

3. SZ. KÍSÉRLET

Etánsav reakciója bázisos (amfoter) oxiddal

Kémcsőbe helyezzetek kevés magnéziumoxidot (cinkoxidot), és öntsetek hozzá 1–2 ml etánsavoldatot! Mi figyelhető meg? Szükség esetén melegítsétek a kémcsövet!

4. SZ. KÍSÉRLET

Etánsav reakciója ammóniaoldattal

Kémcsőbe öntsetek 1 ml híg ammóniaoldatot, és adjatok hozzá 1–2 ml fenolftalein-oldatot! Mi figyelhető meg? Adagoljatok a kémcsőbe cseppenként etánsavoldatot! Milyen változások történnek a kémcsőben?

5. SZ. KÍSÉRLET

Etánsav reakciója oldhatatlan bázissal (amfoter hidroxiddal)

Kémcsőbe öntsetek 1 ml lúgoldatot, és adjatok hozzá kevés nikkel(II)szulfát (cinkszulfát) oldatot! Mi figyelhető meg?

Öntsetek 2 ml etánsavat a képződött csapadékhoz! Milyen változások mentek végbe a kémcsőben?

6. SZ. KÍSÉRLET

Etánsav reakciója sókkal

Az egyik kémcsőbe öntsetek 1 ml nátrium-karbonát oldatot, a másikba – ugyanannyi nátrium-hidrogénkarbonát oldatot! Mindkét kémcsőbe öntsetek 1–2 ml etánsavoldatot! Mi figyelhető meg?

A kísérletek eredményeit írjátok be a táblázatba:

A műveletek sorrendje	**Megfigyelések**	**Következtetések**
1. sz. kísérlet ...		
A reakciók egyenletei molekuláris és ion-molekuláris alakban:		

?

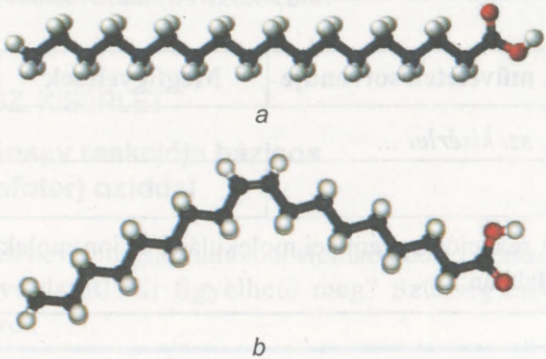
221. Milyen célból alkalmaztak a 4. sz. kísérletben indikátort?
222. Milyenek lesznek a 6. sz. kísérlet eredményei, ha a jelzett sók helyett báriumkarbonátot és báriumszulfátot vesznek? Feleleteteket indokoljátok meg!
223. Elszíntelenedik-e a kálium-permanganát oldat, ha ecetsavat adnak hozzá?

26. Nagyszénatomszámú karbonsavak. Szappanok és szintetikus mosószerek

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- megismerjétek a nagyszénatomszámú karbonsavakat;
- ismereteket szerezzetek a mosó hatású vegyületekről;
- meg tudjátok különböztetni a szappanokat a szintetikus mosószerektől.

Nagyszénatomszámú karbonsavak. A nagyszénatomszámú karbonsavak között a legfontosabbak a következő telített savak – palmitinsav $C_{15}H_{31}COOH$ és sztearinsav $C_{17}H_{35}COOH$, valamint a telítetlen oleinsav (olajsav) $C_{17}H_{33}COOH$. Ezeknek a savaknak a molekulái nem elágazó szénlánccal rendelkeznek (78. ábra).



78. ábra.
A sztearinsav (*a*) és oleinsav (*b*) golyó-pálcika modellje

A nagyszénatomszámú karbonsavakat korábban csak növényi és állati zsírokból állították elő. Ezért ezeket *zsírsavaknak* is nevezzük.

A palmitinsav és a sztearinsav fehér színű, szilárd anyagok, míg az oleinsav folyadék. Ezek a vegyületek gyakorlatilag nem oldódnak a vízben.

Kémiai tulajdonságaikat tekintve a nagyszénatomszámú karbonsavak az ecetsavhoz hasonlók, de nagyon gyengék. Ezek a vegyületek reagálnak a lúgokkal:

$$\underset{\text{sztearinsav}}{C_{17}H_{35}COOH} + NaOH \rightarrow \underset{\text{nátrium-sztearát}}{C_{17}H_{35}COONa} + H_2O.$$

Ha nagyszénatomszámú karbonsav sójához híg kénsavat öntünk, akkor cserebomlási reakció megy végbe:

$$\underset{\text{kálium-palmiát}}{2C_{15}H_{31}COOK} + H_2SO_4 \rightarrow \underset{\text{palmitinsav}}{2C_{15}H_{31}COOH}\downarrow + K_2SO_4.$$

Az oleinsav telítetlen vegyület, ezért egyesülési reakcióba lép halogénekkel, halogénhidrogénekkel, hidrogénekkel:

$$C_{17}H_{33}COOH + H_2 \xrightarrow{t,\,Ni} C_{17}H_{35}COOH,$$

vagy

$$\underset{\text{oleinsav}}{CH_3{-}(CH_2)_7{-}CH{=}CH{-}(CH_2)_7{-}COOH} + H_2 \xrightarrow{t,\,Ni}$$

$$\rightarrow \underset{\text{sztearinsav}}{CH_3{-}(CH_2)_7{-}CH_2{-}CH_2{-}(CH_2)_7{-}COOH}.$$

Ezenkívül az oleinsavat oxidálja a kálium-permanganát és más oxidálószerek.

A nagyszénatomszámú karbonsavakat természetes zsírok vízzel való, meghatározott feltételek mellett lefolytatott reakciójával és nagymolekulájú kőolajszénhidrogének oxidálásával nyerik.

Szappanok. Az alkálielemek és karbonsavak sóit, amelyeknek az anionjai 10–20 szénatomot tartalmaznak, *szappanoknak* nevezzük. (Ha a só anionjában 10-nél kevesebb szénatom van, akkor a vegyületnek nincs mosó hatása, de ha 20-nál több van benne, akkor a só gyakorlatilag oldhatatlan vízben.) A nátriumsók szilárd anyagok, a káliumsók folyadékok.

A szappanfőzés hagyományos folyamata – zsírok vagy olajok lúggal való melegítése. Ennek eredményeként homogén, nyúlós folyadék keletkezik. Konyhasó telített oldatának hozzáadásától csökken a szappan oldhatósága, elválik a folyadéktól és felúszik a tetejére. Ez a folyamatot *kisózásnak* nevezzük. A szappant lemerik és formaedényekbe öntik, amelyekben megkeményedik. A szappan fajtájától függően a készítés során színezékeket, illatanyagokat, (körömvirágból, hársból, kamillából készült) növényi kivonatokat adnak hozzá.

A ***szappan mosó hatása*** abban áll, hogy elkülöníti a szennyező részecskéket a mosott felülettől, például szövettől, és emulziót vagy szuszpenziót képez velük. Vizsgáljuk meg ezt a folyamatot.

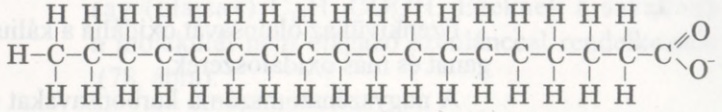
▶ Idézzétek fel, hogy mi az emulzió, szuszpenzió!

A vízbe kerülve a szappan feloldódik, és részben kölcsönhatásba lép vele. Ez hidrolízises reakció. A szappan hidrolízise során gyenge sav és erős bázis (lúg) képződik:

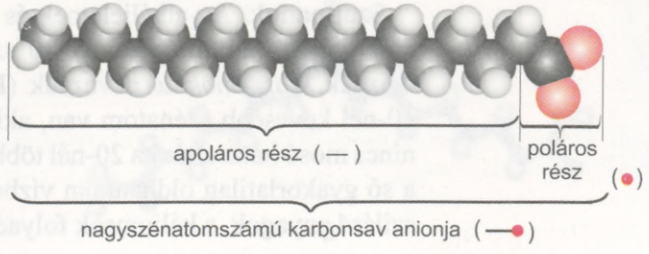
$$C_{17}H_{35}COONa + H_2O \rightleftarrows C_{17}H_{35}COOH + NaOH,$$

$$C_{17}H_{35}COO^- + H_2O \rightleftarrows C_{17}H_{35}COOH + OH^-.$$

A $C_{17}H_{35}COO^-$ anion két részből – polárosból ($-COO^-$) és apolárosból ($C_{17}H_{35}^-$) – áll (79. ábra):

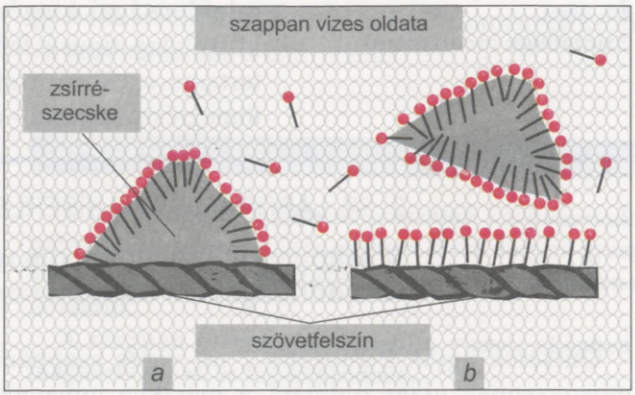


Az ion nem poláros része feloldódik a szennyeződés zsír összetevőjében, a poláros rész a vízben marad



79. ábra. A nagyszénatomszámú karbonsav anionjának méretarányos modellje

(80. ábra), hidrogénkötésekkel kapcsolódva a molekuláihoz. Az ilyen kölcsönhatás következtében a szennyeződés kis zsírcseppek vagy szilárd részecskék alakjában a savanionokkal együtt leválik a szövet felületéről. Ezek nem tapadnak össze, mert a felületükön egynemű töltés (milyen előjelű?) van, és a hab légbuborékai körül gyülemlenek fel.



80. ábra. **A szappan mosó hatása: *a* – anion kapcsolódása zsírrészecskével; *b* – zsírrészecske szövetről történő leválása**

A szappanhasználatnak vannak bizonyos hátrányai. A szappanoldatban kis mennyiségben képződő lúg lassan roncsolja a szövetet és egyes szövetfestékeket. A szappan elveszti mosó hatását kemény vízben, mivel az abban lévő kalcium- és magnéziumionok a zsírsavanionokkal kevéssé oldható sókat képeznek:

$$Ca^{2+} + 2C_{17}H_{35}COO^- \rightarrow (C_{17}H_{35}COO)_2Ca\downarrow .$$

A szappanok – *felületaktív anyagok*. Ezek olyan szerves anyagok, amelyeknek a molekuláiban vagy ionjaiban különböző összetételű poláris atomcsoportok és apoláros hosszú szénláncok vannak.

Minden felületaktív anyag elősegíti a szennyezett felület nedvesedését, a szennyező részecskék róla történő leválását és a mosószeroldatba való jutását.

Szintetikus mosószerek. Napjainkban a szappant fokozatosan kiszorítják a szintetikus mosószerek, amelyek mentesek a szappan hátrányos tulajdon-



81. ábra.
Szintetikus mosószerek

ságaitól[1] (81. ábra). A szintetikus mosószerek alapját felületaktív anyagok képezik. Ezekben különböző adalékanyagok is találhatók, köztük kémiai, optikai fehérítők, illatosítók, vízlágyítók, antisztatikumok, fertőtlenítő szerek. Sok szintetikus mosószer összetételében többféle felületaktív anyag található, ezek tulajdonságai kiegészítik egymást. A különböző típusú felületaktív anyagok tartama ezekben a mosószerekben – a tömegrészt tekintve – átlago-san 35%.

2. SZ. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET

A szappanok és szintetikus mosószerek tulajdonságainak összehasonlítása

Öntsetek egyik kémcsőbe 2 ml vizes szappanoldatot (ha lehet, mosószappan vizes oldatát), a másikba ugyanakkora mennyiségű mosóporoldatot! Teszteljétek az oldatokat univerzális indikátor papírcsíkkal! Milyen kémhatású a szappanoldat és a mosóporoldat?

Mindegyik kémcsőbe töltsetek 1–1 ml magnézium-szulfát oldatot vagy kalcium-klorid oldatot! Mi figyelhető meg?

Magyarázzátok meg a kísérlet eredményeit! Írjátok le a nátrium-sztearátnak tekintett szappan részvételével lezajlott reakciók egyenleteit!

A szintetikus mosószerek használata károsítja a környezetet. A korszerű mosóporok és folyékony mosószerek stabil vegyületeket tartalmaznak. Ezek maradványai a szennyvizekkel együtt bekerülnek a természetes vizekbe – patakokba, folyókba, tavakba, víztárolókba –, és károsan hatnak azok élővilágára. Egyes szintetikus mosószerekben foszfátok találhatók. Ha ezek bekerülnek a természetes vizekbe, ott nagyfokú algásodást okoznak. A túlszaporodott algák vagy moszatok idővel elpusztulnak, elrothadnak, s ezzel

[1] A szintetikus mosószereket detergenseknek is nevezik. Az angol *detergent* szó azt jelenti – mosószer.

kivonják a vízből a halak és más vízi élőlények létezéséhez szükséges oxigént.

A szintetikus mosószerekkel szemben több feltételt támasztanak. Mindenekelőtt jól kell oldódniuk vízben, meg kell őrizniük nedvesítő és mosási képességüket a kemény és tengervízben, környezetbarátnak, toxikus hatástól mentesnek kell lenniük. A vegyészek olyan szintetikus mosószerek előállításán dolgoznak, amelyek gyorsan elbomlanak természetes körülmények között, és nem károsítják a környezetet.

ÖSSZEGEZÉS

A legfontosabb nagyszénatomszámú karbonsavak – palmitinsav, sztearinsav és oleinsav. Ezek nagyon gyenge savak. Nátrium- és káliumsóikat szappanoknak nevezzük.

A szappan részlegesen reagál a vízzel; eközben a megfelelő savak és lúg képződnek.

A szappanok a felületaktív anyagokhoz tartoznak. A felületaktív anyagok molekuláinak poláros és apoláros részei elősegítik a különböző felületek oldataikkal való nedvesítését és szennyező anyagoktól történő tisztítását.

A szintetikus mosószerek sokkal hatékonyabbak, mint a szappanok, de a környezetbe kerülő maradványaik károsítják a növény- és állatvilágot.

?

224. Milyen vegyületek tartoznak a nagyszénatomszámú karbonsavakhoz?

225. Írjátok le az oleinsav brómos vízzel, bárium-hidroxiddal, nátrium-karbonáttal való reakcióinak egyenleteit!

226. Állítsátok össze az alábbi reakciók molekuláris és ion-molekuláris egyenleteit:
   a) kálium-palmitát és víz reagálása;
   b) magnézium-sztearát és kloridsav reagálása!

227. Van-e mosó hatása: a) a nátrium-szulfátnak; b) a nátrium-acetátnak; c) a kálium-sztearátnak? Feleleteteket indokoljátok meg!

228. Határozzátok meg a telített egyértékű karbonsav (laurinsav) képletét, ha az oxigén tömegrésze a vegyületben 16%-ot tesz ki.

229. Mekkora tömegű nátrium-sztearát használódik el 1 g káliumion kicsapatására bizonyos térfogatú folyóvízben?

27. Észterek. Zsírok

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- megismerjétek az észterek összetételét, tulajdonságait és elnevezését;
- kibővítsétek ismereteiteket a zsírokról és a szervezetünkben betöltött szerepéről.

Észterek. Sok virágnak, gyümölcsnek és egyéb növényeknek azért van illatuk vagy szaguk, mert a szerves vegyületeket bizonyos csoportjába tartozó anyagokat – észtereket – tartalmaznak.

Azokat a karbonsavszármazékokat, amelyek molekuláiban a karboxilcsoport hidrogénatomját szénhidrogén-maradék helyettesíti, *észtereknek* nevezzük.

Észterek

$R-C(=O)-O-R'$

Az észterek általános képlete – $R-C(=O)-O-R'$, vagy $RCOOR'$.

Előállítás. Az észterek karbonsavak és alkoholok tömény kénsav (vagy ortofoszfátsav) jelenlétében végbemenő reakciójának eredményeként képződnek:

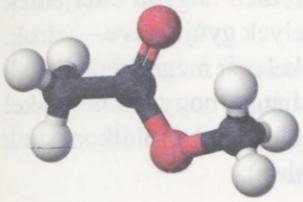
$$CH_3-C(=O)-OH + H-O-CH_3 \xrightleftharpoons{H_2SO_4\ (tömény)} CH_3-C(=O)-OCH_3 + H_2O.$$

sav — alkohol — észter

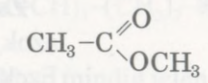
Az ilyen kölcsönhatásokat, mint már tudjátok, észterezési reakciónak nevezik. Ezek visszafordítható reakciók; ugyanakkor az egyenes reakcióval egyide-

jűleg fordított reakció is végbemegy, ami nem más, mint az észter vízzel való kölcsönhatása (hidrolízise). Annak érdekében, hogy minél teljesebb legyen a sav és alkohol észterré alakulása, a reakciókeveréket melegítik, hogy eltávolítsák belőle az egyenes reakció egyik termékének gőzét.

Elnevezés. Az észterek szisztematikus nevezéktan szerint képzett neve két részből áll. Az első rész az alkoholmolekulában lévő szénhidrogén-maradék neve, a második – annak a szénhidrogénnek az elnevezése, amelyből a sav származik, megtoldva az *-oát* végződéssel:



82. ábra.
A metil-etanoát golyó-pálcika molekulamodellje



metil-etanoát

Az észterek más elnevezéseiben az alkoholmolekula szénhidrogén-maradékának és a karbonsavak (vagy maradékának) nevét használják. Például a CH_3COOCH_3 (82. ábra) ecetsavmetil-észternek vagy metil-acetátnak nevezzük.

▶ Javasoljatok más nevet az etil-propanát számára, és ábrázoljátok a vegyület molekulájának szerkezeti képletét!

Tulajdonságok. A kis molekulatömegű észterek színtelen, nagyrészt kellemetlen szagú folyadékok. A metil-butanoát $CH_3CH_2CH_2COOCH_3$ almaillatú, a butil-etanoát $CH_3COOCH_2CH_2CH_2CH_2H_3$ körteillatú, az etil-butanoát $CH_3CH_2CH_2COOC_2H_5$ ananászillatú, a benzil-etanoát $CH_3COOCH_2C_6H_5$ jázminillatú. A molekuláikban több tucat szénatomot tartalmazó észterek szagtalan, szilárd anyagok. Ilyen észtereket tartalmaz a mézelő méhek lépe.

Az észterek vízben oldhatatlanok, de oldódnak szerves oldószerekben. A vegyületek lassan lépnek kölcsönhatásba a vízzel (hidrolizálódnak). Savak

Érdekes tudnivaló
A telítetlen metil-metakrilát észtert a szervesüveg-gyártásban alkalmazzák.



83. ábra.
Étkezési zsírok

vagy lúgok jelenlétében növekszik ennek a reakciónak a sebessége.

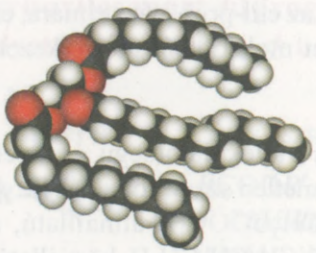
▶ Állítsátok fel a metil-propanoát hidrolízisének reakcióegyenletét!

Az észterek – éghető anyagok.

Alkalmazás. A karbonsavak egyes észterei részét képezik parfümöknek, különböző kozmetikai szereknek, gyümölcsesszenciáknak. Az etil-acetát és etil-formiát festékek és lakkok oldószere.

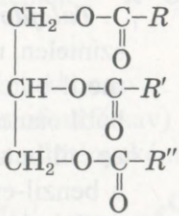
Zsírok. A természetben nagyon elterjedtek azok az észterek, amelyek gyűjtőneve – zsírok. Ezekkel a vegyületekkel már megismerkedtetek a 9. osztályban és tudjátok, hogy a fehérjékkel és szénhidrogénekkel együtt táplálkozásunk alapját képezik (83. ábra).

A zsírok – glicerinek és nagyszénatomszámú karbonsavak észterei.



84. ábra.
A triglicerid méretarányos molekulamodellje

Ezeket a vegyületeket néha *triglicerideknek* is nevezik, mivel természetes zsír molekulája három savmaradékot tartalmaz (84. ábra). A zsírok általános képlete –



ahol R, R', R'' – szénhidrogén-maradékok (általában különbözők, de lehetnek egyformák is).

A zsírmolekulák összetételébe zömmel olyan telített és telítetlen (nem elágazó szénláncú) savak tartoznak, mint a következők:

- *palmitinsav* $C_{15}H_{31}COOH$,
  vagy $CH_3–(CH_2)_{14}–COOH$;
- *sztearinsav* $C_{17}H_{35}COOH$,
  vagy $CH_3–(CH_2)_{16}–COOH$;
- *oleinsav* $C_{17}H_{33}COOH$,
  vagy $CH_3–(CH_2)_7–CH=CH–(CH_2)_7–COOH$;
- *linolsav* $C_{17}H_{31}COOH$,
  vagy $CH_3–(CH_2)_4–CH=CH–CH_2–CH=CH–(CH_2)_7–COOH$;
- *linolénsav* $C_{17}H_{29}COOH$,
  vagy $CH_3–(CH_2–CH=CH)_3–(CH_2)_7–COOH$.

A természetes zsírokban mindig jelen vannak kevert rékanyagok – zsírsavak, A-, D-, E-, F-vitaminok és más biológiailag aktív anyagok és víz.

Osztályozás. Eredetüket tekintve a zsírokat állati és növényi zsírokra osztják.

Az *állati zsírok* közül ételként leggyakrabban a tehénvajat, szalonnát és zsírt fogyasztjuk. Ezeket legtöbbször telített savak – sztearinsav és palmitinsav – trigliceridjei képezik. A tengeri emlősök és halak zsírjában nagy a telítetlen savak észtereinek tartalma, amelyeknek a molekuláiban legalább négy kettős kötés található.

Legfontosabb *növényi zsírok* – a napraforgóolaj, olívaolaj, kukoricaolaj, lenolaj. Ezek az oleinsav és más telítetlen savak trigliceridjeit tartalmazzák. Azonban a kókusz- és pálmazsírokban a telített savak vannak túlsúlyban.

Fizikai tulajdonságok. Az állati zsírok, a halzsíron kívül, szilárd anyagok, a növényi zsírok – folyadékok (a kókusz- és pálmazsír kivételével).

A zsírok könnyebbek a víznél és nem oldódnak benne, de oldódnak a benzinben, benzénben, diklóretánban és más szerves oldószerekben. Ha folyékony zsírokat ráznak össze vízzel, emulzió képződik (hasonló emulzió a tej).

13. SZ. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET

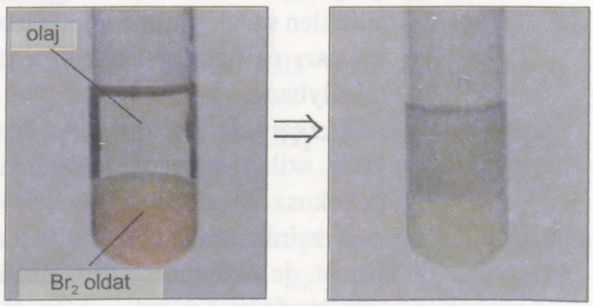
Zsírok oldhatósága

Egyik kémcsőbe öntsetek kevés vizet, a másikba – kevés szerves oldószert (benzint, hexánt)! Mindegyik kémcsőbe cseppentsetek 3–5 csepp napraforgóolajat! A szerves oldószert tartalmazó kémcsövet dugaszoljátok be parafadugóval! Erősen rázzátok a két kémcsövet 10 – 20 másodpercig! Melyik kémcsőben képződött emulzió, melyikben – homogén keverék (oldat)? Helyezzétek a kémcsöveket néhány percre kémcsőállványba! Rétegződött-e az emulzió?

Pipettával vigyetek a kapott oldatból 1–2 cseppet száraz szűrőpapírra! Mi marad a papíron az oldószer elpárolgása után?

A zsírok olvadáspontja[1] attól függ, hogy milyen savakból képződtek. Azok a zsírok, amelyek molekulái telített savmaradékokat tartalmaznak, magasabb hőmérsékleten olvadnak és közönséges körülmények között szilárdak. A telítetlen savak trigliceridjei – folyadékok.

Kémiai tulajdonságok. A zsírok, más észterekhez hasonlóan, bizonyos feltételek mellett glicerin és megfelelő savak képződése mellett hidrolizálnak. A telítetlen savaktól származó zsírok az alkénekre jellemző reakciókba lépnek – hidrogént, halogéneket addícionálnak (85. ábra), oxidálja őket a kálium-permanganát.



85. ábra. Olaj kölcsönhatása brómos vízzel

[1] Mivel a természetes zsír vegyületek keveréke, ezért bizonyos hőmérsékleti tartományban olvad.

14. SZ. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET

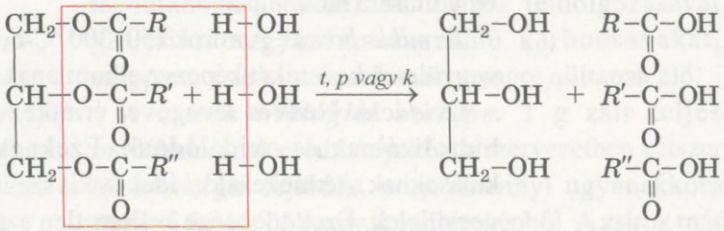
Telítetlen vegyületek kimutatása folyékony zsírban

Öntsetek kémcsőbe 1 ml napraforgóolajat és adjatok hozzá 2 csepp brómos vizet! Erősen rázzátok fel néhányszor a kémcső tartalmát! Mi figyelhető meg?

Írjátok le a reakciók egyenleteit, feltételezve, hogy a folyékony zsír molekulája három oleinsavmaradékot tartalmaz.

A zsírok *hidrolízise* – a fontos ipari eljárások egyike. A zsírok kölcsönhatásba lépnek a vízgőzzel 200–250 °C-on és 20–25 atmoszféra nyomáson vagy katalizátorok jelenlétében:

zsír + víz $\xrightarrow{t,\ p \text{ vagy } k}$ vagy glicerin + nagyszénatomszámú sav,



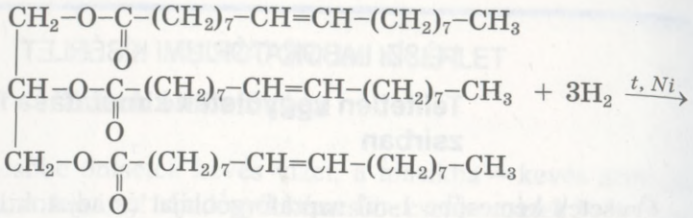
trigliceríd (zsír) glicerin nagyszénatom-számú savak

Ha a reakció melegítés és lúgok jelenléte mellett megy végbe, akkor a nagyszénatomszámú karbonsavak helyett sóik keveréke – szappanok képződik. Ezt a folyamatot *zsírok szappanosításának* nevezik.

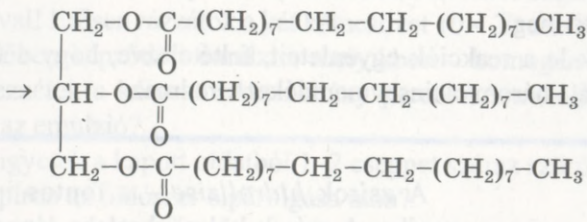
A zsírok hidrolízise az élő szervezetekben is végbemegy. Különleges katalizátorok – enzimek – vesznek részt benne.

Hidrogénezés. Ha hidrogént bocsájtanak át 160–240 °C -ra melegített olajon katalizátor jelenléte mellett, az fokozatosan szilárd, állatira emlékeztető zsírrá alakul:

folyékony zsír + hidrogén $\xrightarrow{t,\ k}$ szilárd zsír,



triolein



trisztearin

A kapott szilárd zsírt tejjel, tehénvajjal összekeverve és (A- és D-) vitaminokat hozzáadva margarint állítanak elő. A szilárd zsírt technikai célokra és szappan előállítására használják.

Termikus bontás. A zsírok 250–300 °C-on különböző vegyületek keverékét képezve elbomlanak.

Oxidáció. Nedves levegővel érintkezve a zsírok hidrolizálnak és oxidálódnak. Ezeknek az átalakulásoknak a termékei aldehidek és kis szénatomszámú vegyületek. Ezek többsége kellemetlen szagú, keserű ízű (idézzétek fel az avas vaj szagát és ízét).

A telítetlen zsírokat oxidálja a kálium-permanganát és más oxidálószerek. Ez a folyamat lassan megy végbe a levegő oxigénjének részvételével is; a reakció eredményeként a növényi zsírok megszilárdulnak (mintha kiszáradnának).

Zsírok, ha meggyújtják őket, égnek a levegőn.

Előállítás. A zsírokat természetes forrásokból nyerik.

A szilárd zsírokat olvasztással állítják elő. A folyamat során a zsír megolvad és elválik a hústól, víztől és más anyagoktól. Tisztítás után a folyékony zsírt edényekbe öntik, ahol megszilárdul.

Olajat kétféle eljárással állítanak elő. Az egyik módszer szerint a napraforgó vagy más növények magvait sajtolják, a belőlük kipréselt olajat felfogják és tisztítják. A másik eljárás lényege abban áll, hogy a felaprított magvakat mintegy 50 °C-ra melegített illó oldószerrel (hexánnal, etanollal) kezelik. Ezt követően az oldószert elpárologtatják, az olajat lehűtik és megszűrik. Kombinált módszert is alkalmaznak: először sajtolással kinyerik a magokból az olaj nagyobb részét, majd oldószeres kezelést alkalmaznak.

Zsírt glicerinből és nagyszénatomszámú karbonsavból először Berthelot francia vegyész szintetizált 1854-ben. Később más módszereket is alkalmaztak zsírok szintézisére. Azonban ezek egyikét sem alkalmazták az iparban, mivel a zsírokat rendszerint természetes forrásokból nyerik.

Alkalmazás. A zsírokat az élelmiszeriparban, kozmetikai szerek gyártásában, az orvoslásban és a technikában alkalmazzák. Zsírok feldolgozásával glicerint, nagyszénatomszámú karbonsavakat, szappant, sztearint és sok más anyagot állítanak elő.

A zsírok biológiai szerepe. 1 g zsír teljes oxidálódásának eredményeként a szervezetben kétszer több energia fejlődik, mint amennyi ugyanakkora tömegű fehérjéből vagy szénhidrogénből. A zsírok más funkciót is betöltenek az élő szervezetekben – oldanak egyes vitaminokat.

ÖSSZEGEZÉS

Az észterek olyan karbonsavszármazékok, amelyek molekuláiban a karboxilcsoport hidrogénatomját szénhidrogén-maradék helyettesíti. Az észterek általános képlete – $RCOOR'$.

A kis molekulatömegű észterek színtelen, illó, nagyrészt kellemes illatú folyadékok. Vízben oldhatatlanok, de oldódnak szerves oldószerekben, hidrolizálnak, égnek

a levegőn. Az észterek alkoholok és karbonsavak közötti reakciók eredményeként képződnek (észterezési reakció). Felhasználják őket a kozmetikai iparban, illatszergyártásban, adalékanyagokként az élelmiszeriparban.

Az észterek elterjedtek a természetben.

A zsírok – glicerin és nagyszénatomszámú savak észterei. Megkülönböztetnek állati és növényi zsírokat. Az állati zsírok telített savak származékai, a növényi zsírok (olajok) – telítetlen savak származékai. Ezek a vegyületek oxidálódnak, elbomlanak melegítés hatására, bizonyos feltételek mellett hidrolizálnak, a telítetlen zsírok pedig hidrogénnel és halogénekkel is reagálnak.

A zsírok nélkülözhetetlen összetevői táplálkozásunknak. Felhasználják őket az orvoslásban, élelmiszeriparban és könnyűiparban.

?

230. Az alábbi képletek közül válasszátok ki azokat, amelyek észtereket jelölnek, és nevezzétek meg ezeket a vegyületeket a szisztematikus nevezéktan szerint:

a) $CH_3-CH_2-C(=O)-O-C_2H_5$

b) $H-C(=O)-O-CH_3$

c) $CH_3-CH_2-C(=O)-ONH_4$

231. Állítsátok össze az alábbi észtermolekulák szerkezeti képleteit:
   a) etil-etanoát;
   b) etil-formiát;
   c) hangyasav-propilészter!

232. Izomer-e az etil-metanoát és a metil-etanoát?

233. Nevezzétek meg az általatok ismert csoportba tartozó vegyületet, amely a metil-formiát izomerje! Melyik vegyület forráspontjának kell alacsonyabbnak lennie, és miért?

234. Az internet vagy más információforrás alapján készítsetek rövid beszámolót *Az észterek felhasználása* és *Az észterek szerepe a természetben* címmel!

235. Írjátok le az alábbi reakciók egyenleteit:
   a) észterezés bután-1-ol és etánsav részvételével;
   b) etil-propanoát hidrolízise!

236. Állítsátok össze azoknak a reakcióknak az egyenleteit, amelyekkel megvalósíthatók a következő átalakulások:

alkán → alkén → alkohol → aldehid → sav → észter!

237. Jellemezzétek a zsírmolekulák összetételét! Miben különböznek a szilárd és a folyékony zsírok (olajok)?

238. Állítsátok össze a triglicerid molekulájának szerkezeti képletét, tudva, hogy az alábbiakat tartalmazza:
   a) három sztearinsav-maradék;
   b) három oleinsav-maradék;
   c) sztearinsav-, oleinsav- és vajsavmaradék!

239. Írjátok le a szilárd és folyékony zsírok hidrolízisének reakcióegyenleteit!

240. A metanol mekkora tömegét kell venni 20,4 g metil-butanoát előállításához, ha az észter relatív hozama 80%?

241. 25% tömegrész lúgot tartalmazó nátrium-hidroxid oldat mekkora tömege használódik el szappan 5 t oleinzsírból történő előállítása során?

242. Számítsátok a 10 kg triolein és vele elegendő mennyiségben reagáló kálium-hidroxid reakciója nyomán képződő, 2% tömegrész szennyezőanyagot tartalmazó glicerin tömegét!

KÍVÁNCSIAKNAK

Nitroglicerin

Észtereket képezhetnek oxigéntartalmú szervetlen savak is. A glicerin és salétromsav triviálisan nitroglicerinnek nevezett észterét dinamit-készítésre használják. A vegyület az egyik legerősebb robbanóanyag. Ipari előállítása Alfred Nobel svéd vegyész és vállalkozó (a Nobel-díj megalapítója) nevéhez fűződik. A nitroglicerin 1% tömegrészt tartalmazó vizes oldatát és ezt a vegyületet tartalmazó tablettákat a gyógyászatban értágító készítményként használják.

A nitroglicerin toxikus, olajszerű, szagtalan folyadék. A vegyületet glicerin és tömény salétrom-, valamint kénsav keverékének reakciójával állítják elő:

$$C_3H_5(OH)_3 + 3HONO_2\ (\text{tömény}) \xrightarrow{H_2SO_4\,(\text{tömény})} C_3H_5(ONO_2)_3 + 3H_2O.$$

Melegítés vagy gyenge ütés hatására a nitroglicerin robban:

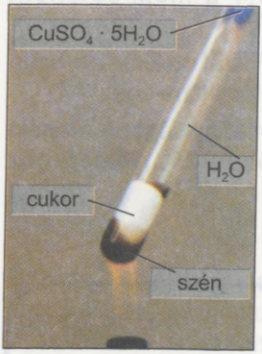
$$4C_3H_5(ONO_2)_3 \rightarrow 12CO_2\uparrow + 6N_2\uparrow + O_2\uparrow + 10H_2O\uparrow,\ \Delta H < O$$

(az erős detonációs lökéshullámot a nagy mennyiségű gáz fejlődése okozza).

28. Szénhidrátok. Monoszacharidok

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- felidézzétek a szénhidrátokról korábban szerzett ismereteiteket;
- kibővítsétek a glükóz molekulaszerkezetére és tulajdonságaira vonatkozó tudásotokat;
- megismerjétek a fruktóz összetételét és tulajdonságait.



86. ábra. A szénhidrát hőbomlása

Szénhidrátok. A természetben legelterjedtebb szerves vegyületek összetétele a $C_nH_{2m}O_m$ vagy $C_n(H_2O)_m$ általános képletnek felel meg (az n és m értéke 5 vagy több)[1]. A szénhidrogénekhez tartozik a cellulóz (a fa anyagának fő szerves összetevője), keményítő, cukor, glükóz. Ezeknek a vegyületeknek az általános elnevezése, a *szénhidrátok* a XIX. sz. óta létezik. A név a „szén" és a „víz" szavakból ered (ugyanis ezek az anyagok képződnek a szénhidrátok levegő kizárása mellett végzett teljes hőbontásának eredményeként, 86. ábra).

Szénhidrátokat tartalmaz minden élő szervezet. Tudjátok, hogy a fotoszintézis következtében szénhidrátok képződnek a zöld növényekben és egyes baktériumokban. A szénhidrátok növényekben végbemenő fotoszintézisének vázlata:

$$\text{szén-dioxid + víz} \xrightarrow{h\nu} \text{szénhidrát + oxigén,}$$

a folyamat általános kémiai egyenlete pedig:

$$nCO_2 + mH_2O \xrightarrow{h\nu} C_n(H_2O)_m + nO_2.$$

A szénhidrátok közt megkülönböztetnek *monszacharidokat* (hozzájuk tartozik a glükóz, fruktóz és más vegyületek), *diszacharidokat* (például a szacharózt vagy közönséges cukrot) és *poliszacharidokat* (keményítőt, cellulózt). A di- és poliszacharidok monoszacharidok képződésével hidrolizálhatnak.

[1] Ismeretesek olyan (természetes és szintetikus) szénhidrátok, amelyeknek az összetétele nem felel meg ennek a képletnek.

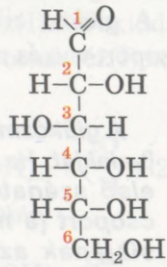
A szénhidrátok megnevezésére rendszerint a vegyületek triviális neveit használják, amelyek többsége *-óz* végződésű.

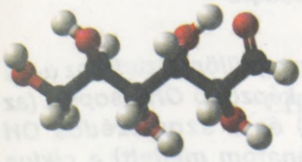
Ebben a paragrafusban megvizsgáljuk a legismertebb monoszacharidokat – a glükózt és fruktózt.

Glükóz. Ez az egyik legfontosabb szénhidrát. A glükózt vagy szőlőcukrot a gyümölcsök, a méz és – nagyon kis mennyiségben – az emberi és állati vér is tartalmazza.

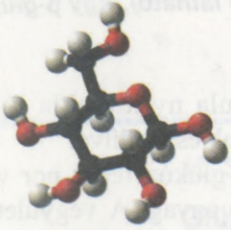
Glükóz
$C_6H_{12}O_6$

Molekulaszerkezet. A glükóz kémiai képlete - $C_6H_{12}O_6$. A vegyület, akárcsak az aldehidek, „ezüst tükör" reakcióba lép, és az alkoholokhoz hasonlóan észtereket képez. Vagyis a glükózmolekulának tartalmaznia kell a megfelelő funkcionális csoportokat (nevezzétek meg ezeket). Ezt az állítást alátámasztja a vegyület szerkezeti képlete is:





a



b

87. ábra.
A glükózmolekula nyílt (*a*) és ciklikus (*b*) alakja

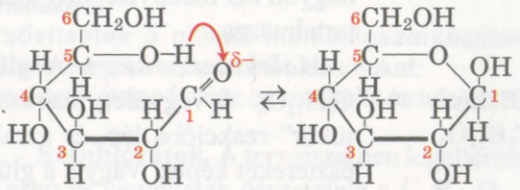
A képlet arra utal, hogy a glükóz egyszerre *aldehid* és *többatomos alkohol* (a molekula öt hidroxilcsoportot tartalmaz). Az ilyen vegyületeket aldehidalkoholoknak nevezik.

A glükózmolekula 87. *a* ábrán látható alakját *nyíltnak* nevezzük. Ilyen formában a glükóz csak vizes oldatban létezik, s ott is csak elenyésző mennyiségben.

A glükózmolekula jellegzetes alakja (mind szilárd állapotban, mind oldatban) ciklikus (87. *b* ábra). Ez a molekulatípus úgy jön létre, hogy kölcsönhatásba lépnek egymással az atomok, amikor egymáshoz közel kerülnek a szénlánc végei[1].

[1] A glükózmolekula fragmentumai foroghatnak az egyszerű C–C kötések körül.

Az ötödik szénatomnál lévő OH csoport hidrogénatomja az aldehidcsoport oxigénatomja felé tolódik el és összekapcsolódik vele. A hidrogénatom nélkül maradt oxigénatom összekapcsolódik az első szénatommal. Ennek következtében öt szénatomból és egy oxigénatomból álló hattagú ciklus (gyűrű) képződik:



nyílt molekula ciklikus molekula

A glükóz ciklikus molekulájában szintén öt OH csoport van és nincs aldehidcsoport.

A glükózmolekulának megkülönböztetik az α- és β-alakját. Ha az újonnan képződő OH csoport (az első szénatom mellett) és a szomszédos OH csoport (a második szénatom mellett) a ciklus síkjának azonos oldalán található, akkor a glükóznak ezt a típusát α-glükóznak, ha különböző oldalain (ahogyan fentebb látható), úgy β-glükóznak nevezzük.

Érdekes tudnivaló

A glükózmolekula ciklikus alakjának a „fotel" konformációban legkisebb az energiája.

Oldatban a glükózmolekula nyílt alakja folyamatosan ciklikus típussá alakul, és fordítva.

Fizikai tulajdonságok. A glükóz fehér por vagy színtelen, édes ízű kristályos anyag. A vegyület jól oldódik vízben.

Kémiai tulajdonságok. A glükóz a többatomos alkoholokra és aldehidekre jellemző reakciókba lép.

Reakció a hidroxilcsoportok részvételével. Lúgos oldatban a glükóz, akárcsak a glicerin, reagál a réz(II)hidroxiddal. A reakciótermék – kék színű, oldható réz(II) vegyület.

Reakciók az aldehidcsoport részvételével. A glükóz könnyen oxidálódik. Oldatának ezüst(I)oxid ammóniás oldatával együtt történő melegítésekor glükonsav ammóniasója képződik, az edény falán pedig csillogó ezüstréteg jelenik meg (70. ábra). Ez nem más, mint az „ezüst tükör" reakció. Írjuk le a megfelelő kémiai egyenletet a glükóz egyszerűsített szerkezeti képletének a felhasználásával:

$$\underset{\text{glükóz}}{CH_2OH-(CHOH)_4-C\overset{O}{\diagdown\!\!\diagup H}} + Ag_2O + NH_3 \xrightarrow{t,\ H_2O}$$

$$\rightarrow \underset{\text{ammónium-glukonát}}{CH_2OH-(CHOH)_4-C\overset{O}{\diagdown\!\!\diagup ONH_4}} + 2Ag\downarrow.$$

Hasonló módon hat a glükóz a réz(II)hidroxidra (melegítéskor), réz(I)hidroxiddá redukálva azt. Az utóbbi vegyület gyorsan réz(I)oxiddá alakul:

$$\underset{\text{glükóz}}{CH_2OH-(CHOH)_4-C\overset{O}{\diagdown\!\!\diagup H}} + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t}$$

$$\rightarrow \underset{\text{glükonsav}^1}{CH_2OH-(CHOH)_4-C\overset{O}{\diagdown\!\!\diagup OH}} + 2CuOH + H_2O;$$

$$2CuOH \xrightarrow{t} Cu_2O + H_2O.$$

15. SZ. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET

Glükóz kölcsönhatása réz(II)hidroxiddal

Kémcsőbe öntsetek 2–3 ml nátrium-hidroxid oldatot, és adjatok hozzá 3 – 4 csepp réz(II)szulfátot! A képződő réz(II)hidroxid csapadékhoz öntsetek 2–3 ml glükózoldatot! A kémcső tartalmát kavarjátok meg! Mi figyelhető meg?

[1] Lúgfölösleg megléte esetén ennek a savnak a sója képződik.

Milyen szerves vegyületek reagálnak a réz(II)hidroxiddal ugyanilyen külső hatás kiváltásával?

A kémcsövet az anyagokkal óvatosan melegítsétek! Figyeljétek meg a sárga csapadék megjelenését és színének fokozatos vörössé alakulását! Milyen más szerves vegyületek redukálják a réz(I) vegyületet?

Vonjatok le következtetést arra vonatkozóan, hogy milyen funkcionális csoportokat tartalmaz a glükózmolekula!

A glükóz az élő szervezetekben is oxidálódik. Teljes oxidációja esetén jelentős mennyiségű energia fejlődik:

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{+12[O]} 6CO_2 + 6H_2O;\ \Delta H = -2870\ kJ.$$

A glükóz, az aldehidekhez hasonlóan, redukálódhat. A hidrogénnel – katalizátor jelenlétében – végbemenő reakciójának eredményeként hatatomos alkohol – szorbit – képződik:

$$\underset{\text{glükóz}}{CH_2OH-(CHOH)_4-C\overset{O}{\underset{H}{}}} + H_2 \xrightarrow{Ni} \underset{\text{szorbit}}{CH_2OH-(CHOH)_4-CH_2OH}.$$

Szorbitot az algák, sok bogyó és gyümölcs tartalmaz. Ezt az édes ízű vegyületet jól hasznosítja a szervezet, ezért a diabéteszes betegek cukorpótlékként használják.

Erjedési reakciók. Így nevezik a szerves anyagok (szénhidrátok) mikroorgnizmusok vagy azok által elválasztott enzimek hatására végbemenő átalakulását.

Az élesztőgombák enzimjeinek hatására a glükóz vizes oldatban lassan etilalkohollá alakul. Ennek a folyamatnak a neve – *alkoholos erjedés*. Egyszerűsített formában a következő kémiai egyenlettel ábrázolható:

$$\underset{\text{glükóz}}{C_6H_{12}O_6} \rightarrow 2\underset{\text{etanol}}{C_2H_5OH} + 2CO_2\uparrow.$$

A glükóz *tejsavas erjedését* tejsavbaktériumok idézik elő:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-COOH.$$

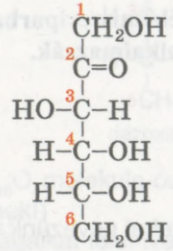
glükóz tejsav

Az alkoholos erjedést régóta alkalmazzák a borászatban és a sörfőzésben. Tejsavas erjedés a tej savanyodása és zöldségek savanyítása során megy végbe.

Fruktóz. Ez a vegyület sok gyümölcsben, termésben, mézben megtalálható. Másik elnevezése – gyümölcscukor. A fruktóz színtelen kristályos anyag, jól oldódik a vízben, édesebb a glükóznál és a közönséges cukornál (szacharóznál).

A fruktóz képlete ugyanolyan, mint a glükózé – $C_6H_{12}O_6$. Azonban ezeknek a vegyületeknek a molekulái különböző szerkezetűek. A glükóz és fruktóz – szerkezeti izomerek. A fruktóz molekulájában a $\diagdown C=O \diagup$ karbonilcsoport két különböző maradékhoz kapcsolódik:

Fruktóz
$C_6H_{12}O_6$



A fruktózmolekulára – a glükózmolekulához hasonlóan – ciklikus alak jellemző.

Monoszacharidok előállítása. A glükózt és a fruktózt természetes anyagok – keményítő, cukor, cellulóz – hidrolízisével állítják elő.

A monoszacharidok biológiai jelentősége és felhasználása. A glükóz oxidálásakor a szervezet számára szükséges energia fejlődik. Ezt a vegyületet felhasználják a gyógyászatban mint könnyen hasznosuló, kalóriadús terméket szívelégtelenség, testi kimerültség kezelésére; részét képezi a vérpótló folyadékoknak is. Glükózból állítják elő iparilag az aszkorbinsavat (C-vitamint), a kalcium-glukonátot. A

fruktózt a betegek kímélő étrendjébe is beiktatják, mert jól hasznosítja a szervezet. A glükózt és fruktózt széleskörűen alkalmazzák az élelmiszeriparban.

ÖSSZEGEZÉS

A szénhidrátok – a természetben legelterjedtebb szerves vegyületek; fotoszintézis eredményeként képződnek. Általános képletük – $C_n(H_2O)_m$.

A szénhidrátokat monoszacharidokra, diszacharidokra és poliszacharidokra osztják. Legfontosabb monoszacharid a glükóz és a fruktóz. Ezeknek a vegyületeknek a molekulái nyílt és ciklikus alakúak lehetnek.

A glükóz és a fruktóz – kristályos anyagok, jól oldódnak a vízben, édes az ízük. A glükóz oxidáló, redukáló és erjedési reakciókba lép.

A monoszacharidokat természetes anyagok hidrolízisével állítják elő. A glükózt és fruktózt az élelmiszeriparban, gyógyászatban, szerves szintézisben alkalmazzák.

?

243. Milyen vegyületeket nevezünk szénhidrátoknak?

244. A hangyasav-aldehid CH_2O és ecetsav CH_3COOH molekula-összetétele a $C_n(H_2O)_m$ általános képletnek felel meg. Szénhidrátoknak tekinthetők-e ezek a vegyületek? Miért?

245. Milyen kémiai reakciókkal mutathatók ki a glükózmolekulában a következők:

a) hidroxilcsoportok;
b) aldehidcsoportok?

246. Számítsátok ki a $C_5H_{10}O_5$ monoszacharidban (arabinózban) az elemek tömegrészeit!

247. Mekkora tömegű vízben kell feloldani 50 g glükózt, hogy ennek az anyagnak a 25%-os tömegrészét tartalmazó oldatot kapjunk?

248. Számítsátok ki annak az 5 és 25% tömegrész glükózt tartalmazó két oldatnak a tömegét, amelyből 10% tömegrész glükózt tartalmazó 200 g oldat készíthető!

249. Mekkora tömegű ezüst képződik 0,4 mol glükóz fölös mennyiségben vett ezüst(I)oxid ammóniás oldatával való oxidálása nyomán?

250. Mekkora térfogat szén-dioxid (n. k. k.) fejlődik 90 g glükóz erjedése és alkohollá történő teljes átalakulása során?

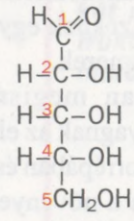
251. Glükóz tejsavas erjedésekor 3,6 g tejsav képződött és 8,4 g glükóz megmaradt. Számítsátok ki a relatív savhozamot!

KÍVÁNCSIAKNAK

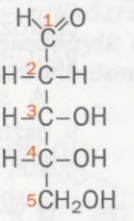
Ribóz és dezoxiribóz

A ribóz $C_5H_{10}O_5$ és dezoxiribóz $C_5H_{10}O_4$ fontos monoszacharidok. Ciklikus alkú molekuláik maradékai megtalálhatók a ribonukleinsavakban és a dezoxiribonuklein-savakban.

A dezoxiribóz-molekula egy oxigénatommal kevesebbet tartalmaz, mint a ribózmolekula; benne hidroxilcsoport helyett a második szénatomnál hidrogénatom található:



ribóz



dezoxiribóz

(Figyeljétek meg: a dezoxiribóz $C_5H_{10}O_4$ molekula-összetétele nem felel meg a szénhidrátok általános képletének!)

Ezek a monoszacharidok tulajdonságaikat tekintve a glükózra hasonlítanak.

29. Diszacharidok. Szacharóz

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- megismerjétek a diszacharid elnevezésű vegyületeket;

- megismerjétek a szacharóz-molekula összetételét és szerkezetét;
- felidézzétek a szacharóz tulajdonságait;
- megismételjétek a szacharóz előállításával és felhasználásával kapcsolatos tudnivalókat.

Diszacharidok. A növény- és állatvilágban előfordulnak olyan szénhidrátok, amelyeknek az általános elnevezése – *diszacharidok*. Ezeknek a szénhidrátoknak a hidrolízise során mindegyik molekulából két monoszacharid-molekula képződik.

Diszacharidoknak nevezzük azokat a szénhidrogéneket, amelyek molekulái egy vagy több monoszacharid molekuláinak két maradékából állnak.

Diszacharidok
$C_{12}H_{22}O_{11}$

A legfontosabb diszacharidokhoz tartozik a szacharóz, laktóz és maltóz. Ezeknek egyforma a kémiai képletük – $C_{12}H_{22}O_{11}$ és izomerek.

A *szacharózt* alaposan megismerhettétek a 9. osztályban. Ennek az anyagnak az elfogadott neve a cukor. Legtöbb cukor a cukorrépában és a cukornádban van (tömegrészük ezekben a növényekben elérheti a 20%-ot). Szacharóz előfordul a fák levelében és nedveiben, a gyümölcsökben és zöldségekben.

Laktóz (tejcukor) a tejben (a tehéntejben 4–5%), tejsavóban fordul elő. Ennek a diszacharidnak majdnem háromszor kisebb az édességi foka, mint a szacharózé.

A *maltóz* (malátacukor) a kicsírázott árpamagokban (maláta), állati szervezetekben fordul elő. Kevéssé édes, mint a szacharóz.

Ebben a paragrafusban megvizsgáltuk a szacharóz-molekula szerkezetét és tulajdonságait. A laktózról és maltózról szóló ismereteket a *kíváncsiaknak* című rész elolvasásával szerezhetitek meg.

Szacharóz. Közületek majdnem mindenki tudja, hogy a szacharóz édes ízű, kristályos anyag, amely jól oldódik a vízben. A cukor oldhatósága a hőmérséklet emelkedésével lényegesen nő. Ha az igen tömény

és forró tömény oldatot (cukorszirupot) lehűtik, akkor az túltelített lesz. A cukorkristályok nem azonnal kezdenek megjelenni benne, hanem jelentős idő múlva (ismeretes, hogy a lekvár egy idő után „megcukrosodik".

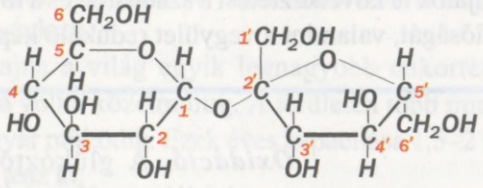
Melegítés hatására a cukor megolvad és fokozatosan bomlani kezd. A cukorolvadék hűtéskor karamellé – vízben oldódó, üvegszerű anyagkeverékké alakul.

A szacharóz - fontos élelmiszertermék, amelyet könnyen hasznosít a szervezet.

Szacharóz $C_{12}H_{22}O_{11}$

Molekulaszerkezet. A szacharóz $C_{12}H_{22}O_{11}$ molekulája glükóz- és fruktóz ciklikus maradékaiból áll.

A szacharóz-molekula képződését úgy is el lehet képzelni, mint vízmolekula lehasadását két molekulaformáról – glükózról (α-alak) és fruktózról (β- alak) – mindegyik molekula egy hidroxilcsoportjának köszönhetően:



glükózmolekula maradványa *fruktózmolekula maradványa*

Kémiai tulajdonságok. A szacharóz részvétele kémiai reakciókban molekula-szerkezetének a sajátosságaival – két ciklikus fragmentum és több hidroxilcsoport jelenlétével függ össze.

Hidrolízisreakció. A szacharóz, a monoszacharidoktól eltérően, enzimek hatására vagy erős szervetlen savakkal együtt történő melegítés következtében hidrolizál. Ekkor mindegyik diszacharid-molekulából glükóz- és fruktózmolekula képződik:

szacharóz + víz $\xrightarrow{k\ vagy,\ H_2SO_4}$ glükóz + fruktóz.

Reakciók hidroxilcsoportok részvételével. Mivel a szacharóz-molekulában hidroxilcsoportok vannak, a vegyület a többatomos alkoholokra jellemző reakciókba lép. A szacharóz reagál a kalcium-hidroxiddal, réz(II)hidroxiddal, s a reakciók eredményeképpen szacharátok általános elnevezésű vegyületek képződnek.

16. SZ. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET

Szacharóz reakciója réz(II)hidroxiddal

Kémcsőbe öntsetek 1 ml nátrium-hidroxid oldatot, és adjatok hozzá 4 – 5 csepp réz(II)szulfátot! A képződő réz(II)hidroxid csapadékhoz adjatok 1 – 2 ml vizes cukoroldatot, és kavarjátok meg a kémcső tartalmát! Mi figyelhető meg?

Melegítsétek forráspontig a kapott oldatot! Képződött-e réz(I)oxid?

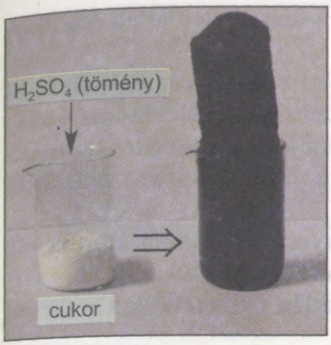
Vonjatok le következtetést a szacharóz és a többatomos alkoholhoz való hasonlóságát, valamint a vegyület redukáló képességét illetően!

Oxidáció. A glükóztól eltérően a szacharóz nem redukálószer. Nem jellemző rá az „ezüst tükör" reakció, és nem redukálja a réz(II)hidroxidot, ami azt jelzi, hogy a molekulájában nincs aldehidcsoport.

A szerves anyag teljes oxidációja égése során valósul meg. A cukor meggyújtható, ha előzőleg kevés króm(III)oxidot vagy cigarettahamut szórnak rá. (A hamuban lítiumsók vannak, amelyek, a króm(III)oxidhoz hasonlóan, ennek a reakciónak a katalizátorai.)

Dehidratálási reakció. A tömény kénsav – lévén vízelvonó tulajdonsága – elszenesíti a szacharózt (88. ábra). Az átalakulás egyszerűsített alakban:

$$C_{12}H_{22}O_{11} \xrightarrow{H_2SO_4\ (tömény)} 12C + 11H_2O.$$



88. ábra.
A cukor dehidratálása

Előállítás. A szacharózt nagy mennyiségben cukorrépából és cukornádból állítják elő. Arról, hogy miként valósítják meg ezt a folyamatot, a 9. osztályban tanultatok. A megmosott cukorrépareszeléket forró vízzel kezelik. A könnyen oldódó anyagok, köztük a szacharóz oldott állapotba kerülnek, a többi (fehérjék, keményítő) a növényi sejtekben maradnak. Ezt követően az oldathoz mészszuszpenziót adnak. A kalcium-hidroxid kevéssé oldódó vegyületek képződésével reagál a szerves savakkal és más anyagokkal, miközben a szacharózt oldódó kalcium-szacharáttá alakítja át. A kapott oldatot megszűrik és szén-dioxidot bocsájtanak bele, amely reakcióba lép a kalcium-szacharáttal és a mészmaradékkal. Ezeknek a reakcióknak a terméke a szacharóz és a kalcium-karbonát. A szacharózoldatot megszűrik, tisztítják és lepárolják. Belőle kapják a kristálycukrot.

Ukrajna a világ egyik legnagyobb cukortermelő országa volt a közelmúltig. A területén több mint 100 cukorgyár működik. Ezek éves kapacitása 1,5–2 millió tonnát tesz ki.

Alkalmazás. A szacharóz – fontos élelmiszertermék. Ezenkívül ebből a vegyületből alkoholt, egyes felületaktív anyagokat állítanak elő.

ÖSSZEGEZÉS

A diszacharidok olyan szénhidrátok, amelyeknek a molekulái két egyforma vagy eltérő monoszacharidmolekula-maradékból állnak. A diszacharidokhoz tartozik a szacharóz, laktóz és maltóz; ezeknek a képlete $C_{12}H_{22}O_{11}$ és izomerek.

A szacharóz vagy közönséges cukor fehér, édes ízű, vízben jól oldódó kristályos anyag. A szacharóz-molekula

glükóz és fruktóz molekula-maradékaiból áll (ciklikus alakban).

Bizonyos feltételek mellett a szacharóz hidrolizál, és glükózzá, valamint fruktózzá alakul, kölcsönhatásba lép egyes fémes elemek hidroxidjaival, melegítés hatására elbomlik. A szacharóz nem mutat redukáló tulajdonságokat.

A cukrot természetes nyersanyagokból állítják elő ipari méretekben. Élelmiszerként alkalmazzák, cukrászkészítmények elengedhetetlen összetevője. Cukorból alkoholt is előállítanak.

?

252. A szénhidrátok melyik csoportjába sorolják a szacharózt?
253. Hasonlítsátok össze a szacharózt és a glükózt fizikai és kémiai tulajdonságaik alapján!
254. Írjátok le azokat a kémiai egyenleteket, amelyek megfelelnek az alábbi átalakulásoknak, és térjetek ki a reakciók lezajlásának feltételeire:

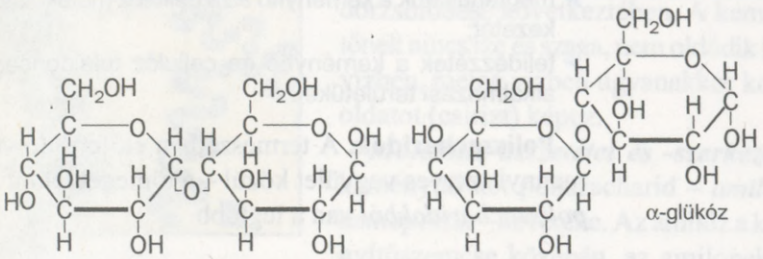
szacharóz → glükóz → etanol!

255. Az internet vagy más információforrás alapján készítsetek rövid beszámolót a kereskedelmi forgalomba kerülő cukorfajtákról!
256. Számítsátok ki a szén tömegrészét a nedves cukorban, tudva, hogy abban a víz tömegrésze 5%!
257. Mekkora tömegű szacharózt kell feloldani 350 ml vízben, hogy a szacharóz tömegrésze az oldatban 12,5% legyen?
258. Mekkora tömegű cukrot és 10% tömegrész cukrot tartalmazó vizes oldatot kell összekeverni, hogy 200 g 20%-os oldatot kapjunk?
259. Bizonyos tömegű szacharóz hidrolízise során kétszer kisebb tömegű glükóz keletkezett. Számítsátok ki a glükóz relatív hozamát!

KÍVÁNCSIAKNAK

Maltóz és laktóz

A maltóz és laktóz – édes ízű, kristályos anyagok. A maltóz jól oldódik vízben, a laktóz kevéssé oldódó. Ezek a diszacharidok ugyanolyan képlettel rendelkeznek, mint a szacharóz – $C_{12}H_{22}O_{11}$. A maltózmolekula két glükózmolekula-maradékot, a laktózmolekula galaktóz- és glükózmolekula-maradékokat tartalmaz:

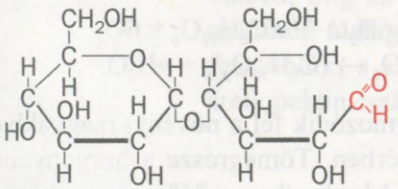


Hidrolíziskor ezekből a szénhidrátokból megfelelő monoszacharidok képződnek:

maltóz + víz → glükóz;

laktóz + víz → glükóz + galaktóz.

A szacharóz-molekulától eltérően a maltóz és laktóz ciklikus molekulái képesek nyílt szénláncú, aldehidcsoportot tartalmazó molekulákká alakulni (89. ábra). Ezért a maltózt és laktózt megfelelő savakká oxidálják az ezüst- és réz(II)vegyületek:



89. ábra.
A maltózmolekula nyílt alakja

A laktózt tejsavóból nyerik, míg a maltózt keményítő hidrolízisével állítják elő.

A laktózt a gyermekétkeztetésben alkalmazzák. Más diszacharidoktól eltérően nem higroszkopikus, ezért töltelékanyagként használják por és pirula alakú gyógyszerek előállításánál. A maltóz a mikrobiológiai tenyésztáptalajok egyik összetevője.

30. Poliszacharidok. Keményítő és cellulóz

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- megismerjétek a poliszacharidokat;

- megtanuljátok a keményítő és a cellulóz molekulaszerkezetét;
- felidézzétek a keményítő és cellulóz tulajdonságait, alkalmazási területüket.

Poliszacharidok. A természetben előforduló valamennyi szerves vegyület közül – a tömeget tekintve – *poliszacharidokból* van a legtöbb.

Poliszacharidoknak nevezzük azokat a szénhidrátokat, amelyek monoszacharidok több molekulai-maradékából állnak[1].

Poliszacharidok
$(C_6H_{10}O_5)_n$

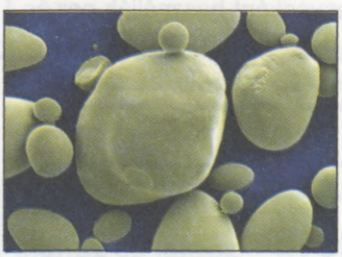
Amidonul
$(C_6H_{10}O_5)_n$

Legfontosabb poliszacharid a keményítő és a cellulóz. Ezek természetes polimerek, egyforma az általános képletük – $(C_6H_{10}O_5)_n$, de az n értéke mindegyik vegyülete esetében bizonyos számtartományon belül mozog.

Keményítő. Ezzel az anyaggal még a 9. osztályban megismerkedtetek, és tudjátok, hogy a növények leveleiben, szárában képződik a fotoszintézis eredményeként:

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{h\nu} C_6H_{12}O_6 + 6O_2;$$
$$_nC_6H_{12}O_6 \rightarrow (C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O.$$

Keményítő halmozódik fel a növényi magvakban, gumókban, gyökérben. Tömegrésze a burgonyában eléri a 25%-ot, a búzalisztben a 75%-ot, a rizsben a 80%-ot.

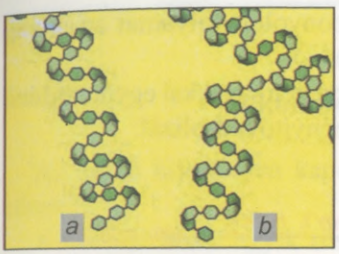


90. ábra.
Keményítőszemcsék a burgonyából (erős nagyítás)

A keményítő az úgynevezett raktározó növényi poliszacharidokhoz tartozik. Energiával látja el a növényi sejteket, és építőanyagként szolgál a növények számára. A mag nedvesedésekor a keményítő hidrolizál, s ennek következtében vízben oldódó olyan szénhidrátok keletkeznek, amelyek a mag csírázásához és a növény fejlődéséhez szükségesek.

A keményítő igen apró, kör alakú, fehér színű szemcsékből áll (90. ábra). Ujjakkal való szétdörzsöléskor enyhe ropogás érzékelhető a szemcsék egymáshoz való

[1] Az ilyen maradékok száma elérheti a több ezret.



91. ábra.
Amilóz (*a*) és amilopektin (*b*) molekuláinak a szerkezete

dörzsölődése következtében. A keményítőnek nincs íze és szaga, nem oldódik hideg vízben, meleg vízben ugyanakkor kolloid oldatot (csirizt) képez.

Molekula-összetétel és -szerkezet. A keményítő két poliszacharid – *amilóz* és *amilopektin* – keveréke. Az amilóz a keményítőszemcse közepén, az amilopektin a burkában található. Amilopektinből néhányszor több van a keményítőben, mint amilózból. Ezeknek a vegyületeknek a molekulái ciklikus glükózmolekula-maradékokból állnak, hosszú láncaik spirál alakúra csavarodnak (91. ábra). Az amilopektin molekulái sokkal hosszabbak, mint az amilóz-molekulák, emellett elágazók.

Az amilóz kolloid oldat képződésével oldódik a vízben, míg az amilopektin oldhatatlan. Ha keményítőhöz meleg vizet adnak, szemcséinek a burka feloldódik, s az amilóz oldatba megy át, míg az amilopektin csak megduzzad.

17. SZ. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET

A keményítő és a víz kapcsolata

Kémcsőbe szórjatok kevés keményítőt (annyit, hogy alig lepje el az alját), adjatok hozzá 4 ml vizet, és keverjétek meg a kémcső tartalmát! Feloldódott-e a keményítő a hideg vízben?

A keveréket óvatosan rázva melegítsétek a kémcső tartalmát forrásig! Figyeljétek meg a kolloid oldat (csiriz) képződését!

Helyezzétek a kémcsövet hideg vizet tartalmazó pohárba, hogy lehűljön a csiriz!

A kémcső tartalmát tartsátok meg a következő kísérlet számára!

Kémiai tulajdonságok. Melegítés hatására a keményítő, a szacharóztól eltérően, nem olvad meg,

hanem elbomlik. Ez a bonyolult folyamat az anyag elszenesedésével ér véget.

Enzimek vagy híg szervetlen savakkal együtt történő melegítés hatására a keményítő hidrolizál:

$$\text{keményítő} + \text{víz} \xrightarrow{\text{k vagy t, } H_2SO_4} \text{vagy glükóz,}$$

▶ Írjátok le a keményítő hidrolízisének vázlatát a vegyületek kémiai képleteinek felhasználásával!

A keményítő az emberi és állati szervezetbe az élelemmel együtt jut be. Hidrolízise már a szájüregben elkezdődik (az amiláz enzim közreműködésével) és a gyomor savas közegében fejeződik be.

A keményítő hidrolízise több szakaszból áll:

keményítő → dextrinek → maltóz → α-glükóz.

A keményítő részleges bomlásának termékei, a dextrinek $(C_6H_{10}O_5)_m$ a keményítőnél kisebb molekulatömeggel rendelkeznek, jól oldódnak a vízben, ezért könnyebben hasznosulnak a szervezetben. Burgonya- és kenyérsütéskor, liszt pirításakor képződnek. A keményítő hidrolizistermékeinek – a dextrineknek, maltózoknak és glükóznak – a keverékét melasznak nevezik. A melaszt az élelmiszeriparban alkalmazzák.

Reakció jóddal. Ha a keményítő kolloid oldatához jódoldatot adnak, akkor annak barna színe sötétkékre változik. Ha az oldatot 100 °C-ra hevítik, akkor a kék szín eltűnik, majd hűtéskor ismét megjelenik. Megjegyzendő, hogy a diszacharidok és monoszacharidok nincsenek hatással a jódra.

A dextrinek különbözőképpen változtatják a jódoldat színét. A poliszacharid-molekulák hosszától függően a szín a kéktől a vörösesbarnán át a sárgáig változhat.

18. SZ. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET

A keményítő tulajdonságai

Az előző kísérletben kapott, kémcsőben tárolt anyagot osszátok két részre!

A kolloid oldat egyik részéhez adjatok egy csepp jódtinktúrát! Mi figyelhető meg? Melegítsétek forrásig a folyadékot! Változik-e a színe? Hűtsétek le a kémcsövet! Milyen színűvé válik a folyadék?

A keményítő másik részéhez adjatok frissen készített réz(II)hidroxid csapadékot! Feloldódik-e a csapadék a folyadékban? Melegítsétek fel a keveréket! Oxidálja-e a réz(II) vegyület a keményítőt?

Megfigyeléseiteket jegyezzétek le a füzetetekbe!

Előállítás. A keményítőt az iparban főként burgonyából és kukoricából állítják elő. Az alapanyagot felaprítják, hideg vízzel kezelik, amely kimossa belőle a keményítőszemcséket. A keményítőt ülepítéssel vagy centrifugázással nyerik ki az oldatból.

Alkalmazás. A keményítő fontos élelmiszertermék. A glükóz, dextrinek, melasz és etilalkohol gyártásának az alapanyaga. Felhasználják a papír, textíliák és egyes műanyagok gyártásában, a nyomdászatban és a háztartásokban.

A **cellulóz** a növények „építőanyaga". Ebből az anyagból áll a növényi sejtek fala. Legtöbb cellulózt a gyapot tartalmaz (ennek a növénynek a magvában 95 – 98% a tartalma), valamint a len, a különböző növényi rostok. A faanyagban átlagosan 50% cellulóz van. Ez a szénhidrát megtalálható az élelmiszerekben is: lisztben, tésztafélékben, darákban és zöldségekben. A cellulóz, a keményítőhöz hasonlóan, a fotoszintézis során képződik a növényekben.

Molekula-összetétel és -szerkezet. A cellulózmolekulák ciklikus glükózmolekula-maradékokból épülnek fel, és – az amilopektintől eltérően – nem

elágazók. Mindegyik glükózmolekula-maradékban három OH csoport található. Ezért a cellulóz képletét a kémiai egyenletekben néha így írják:

Cellulóz
$(C_6H_{10}O_5)_n$
vagy
$[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$

$$\left[C_6H_7O_2\begin{matrix}OH\\-OH\\OH\end{matrix}\right]_n, \text{ vagy } [C_6H_7O_2(OH)_3]_n.$$

A különböző cellulózmolekulák hidroxilcsoportjai között hidrogénkötések alakulnak ki. Ezeknek köszönhetően a fonálszerű molekulák rostokba rendeződhetnek. A cellulóz rostszerkezetű a lenben és a gyapotban.

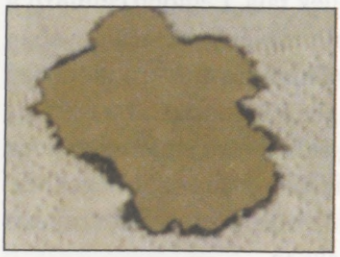
Tulajdonságok. A tiszta cellulóz nem oldódik a vízben és szerves oldószerekben, de oldódik a réz(II)hidroxid ammóniás oldatában. Ebből az oldatból sav hozzáadásával csapható ki.

A cellulóz nem változtatja meg a jód színét annak oldatában, és elbomlik, ha tömény kénsavval hatnak rá (92. ábra).

Hidrolízis. A cellulóz csak melegítés hatására és erős sav jelenlétében reagál a vízzel. A folyamat lépcsőzetesen megy végbe és glükóz képződésével zárul:

$$(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \xrightarrow{t,\ H^+} nC_6H_{12}O_6.$$

Az ilyen eljárással előállított glükózt technikai etilalkohol gyártására használják.



92. ábra.
Ez történik a szalvétával, ha tömény kénsav cseppen rá

A cellulóz hidrolízisének egyik végterméke a metán lehet. Ez a folyamat (*metános erjedés*) a víztárolók alján lévő növényi maradványokat bontó különleges baktériumok részvételével megy végbe. Ennek eredményeként a lápos területen „mocsárgáz" fejlődik.

Észterezési reakció. Cellulóz és tömény kénsav és salétromsav keverékének kölcsönhatásakor észterek – mononitrocellulóz $[C_6H_7O_2(OH)_2ONO_2]_n$,

dinitrocellulóz $[C_6H_7O_2(OH)(ONO_2)_2]_n$ és trinitrocellulóz $[C_6H_7O_2(ONO_2)_3]_n$ – képződnek. A trinitrocellulóz robbanóanyag (triviális neve – piroxilin); füst nélküli puskapor gyártásához használják.

Az egyik észter képződésének reakcióegyenlete:

$$\left[C_6H_7O_2(OH)_3\right]_n + nHONO_2 \rightarrow \left[C_6H_7O_2(O{-}NO_2)(O{-}OH)_2\right]_n + nH_2O, \text{ vagy}$$

$$\underset{\text{cellulóz}}{[C_6H_7O_2(OH)_3]_n} + nHNO_3 \rightarrow \underset{\text{mononitrocellulóz}}{[C_6H_7O_2(OH)_2ONO_2]_n} + nH_2O.$$

▶ Állítsátok fel a trinitrocellulóz képződésének reakcióegyenletét!



93. ábra.
Vatta égése

Gyakorlati szempontból fontosak a cellulóz- és esetsavészterek. A diacetát $[C_6H_7O_2(OH)(OCOCH_3)_2]_n$ és triacetát $[C_6H_7O_2(OCOCH_3)_3]_n$ az acetátszálak gyártásának kiindulási anyaga.

Oxidálódás. A cellulóz ég, ha meggyújtják (93. ábra).

▶ Írjátok le a cellulóz égésének reakcióegyenletét!

A cellulóz teljes oxidálása (szén-dioxid és víz képződése) egyes mikroorganizmusok közreműködésével történik. Ez nagyon lassú folyamat. A természet ennek köszönhetően szabadul meg saját erejéből a hatalmas mennyiségű famaradványoktól.

Hőbontás. Levegő kizárásával történő hevítés hatására a cellulóz elbomlik. Bomlási termékei között van a szén (úgynevezett faszén), vízgőz, metanol, ecetsav. A megfelelő folyamatot az iparban valósítják meg, a neve – fa száraz desztillációja.



94. ábra. Cellulózból készült termékek: vatta, szalvéta és szűrőpapír

Alkalmazás. Cellulózból különböző papírfajtákat, kartonpapírt, szöveteket, lakkokat, zománcokat, celofánt, rostokat készítenek (94. ábra). A cellulóz fő forrása a faanyag. A fafeldolgozó iparban képződő hulladék egy részét vegyi üzemekben száraz desztillációval dolgozzák fel.

ÖSSZEGEZÉS

A poliszacharidok – olyan szénhidrátok, amelyeknek a molekulái monoszacharid-molekulák több maradékából állnak. Legfontosabb poliszacharidok: a keményítő és a cellulóz. Ezeknek egyforma a képletük $(C_6H_{10}O_5)_n$. Molekuláikban egymással kapcsolódnak a glükózmolekulák maradékai (a ciklikus alakban).

Keményítő egyes növények magvaiban, gumóiban, gyökereiben található. A növényi sejtek fala cellulózból áll.

A keményítő kolloid oldatot képez a vízzel. Ha jódoldattal öntik össze, akkor sötétkék szín jelenik meg; ez a keményítő kimutatására szolgáló reakció. A cellulóz a vízben nem oldódik, a jóddal nem reagál.

A poliszacharidok bizonyos feltételek mellett hidrolizálnak, ennek végterméke glükóz. A cellulóz észterezési reakciókba lép.

A keményítőt főként az élelmiszeriparban hasznosítják. Cellulózból papírt, rostokat és más anyagokat állítanak elő.

?

260. Miért sorolják a keményítőt és a cellulózt a poliszacharidokhoz?

261. Mi a közös és az eltérő a keményítő és cellulóz molekulaszerkezetében?

262. Miért nem redukálja a keményítő és a cellulóz az ezüst(I)oxidot ammóniás oldatban?

263. Írjátok le azoknak a reakcióknak az egyenleteit, amelyekkel megvalósíthatók a következő átalakulások: cellulóz → glükóz → etanol → → ecetsav-etilészter!

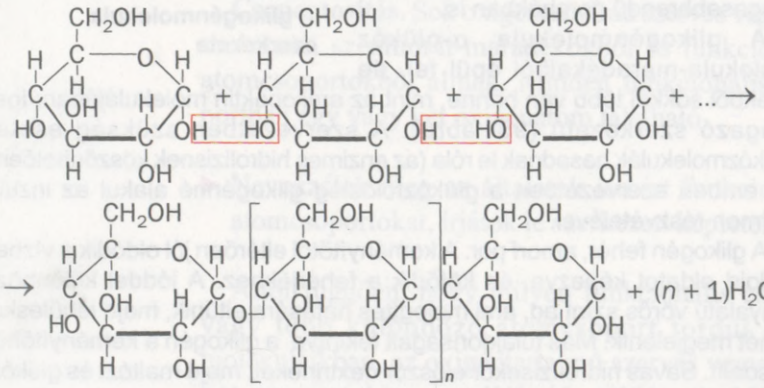
264. Mekkora tömegű etanol állítható elő 1 t burgonyából, amelyben a keményítő tömegrésze 25%, s a termelési veszteség átlagosan 20%-ot tesz ki?

265. Számítsátok ki annak az oxigénnek a tömegét, amely a növényekből került a levegőbe azt követően, hogy 100 t poliszacharid képződött bennük!

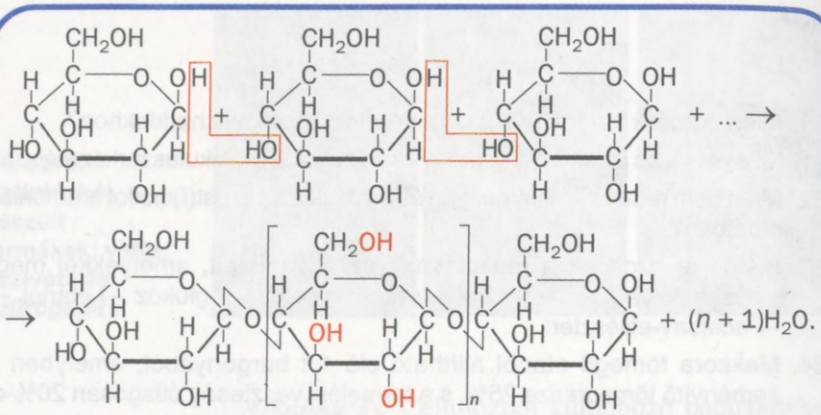
KÍVÁNCSIAKNAK

Az amilóz, amilopektin és cellulóz molekulaszerkezete

Már tudjátok, hogy a keményítő két poliszacharid – amilóz (lineáris szerkezetű) és amilopektin (elágazó szerkezetű) – keveréke. Mindkét vegyület molekulái nagyszámú, α-típusú glükózmolekula-maradékból áll. Az ilyen molekula szerkezeti képlete levezethető a glükózmolekulák vízmolekulák lehasadása révén történő összekapcsolásával:

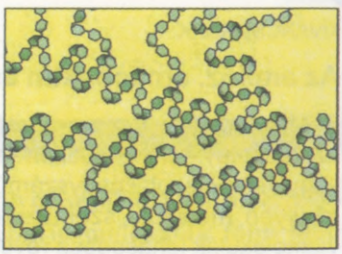


A cellulózmolekulában össze vannak kapcsolva egymással a β-típusú glükózmolekulák maradékai. Hasonlóképpen vezetjük le ennek a poliszacharid-molekulának a szerkezeti képletét:



Vörös szín jelöli a valamennyi glükózmolekula-maradékban megtalálható OH csoportokat. Ezeknek a csoportoknak a részvételével mennek végbe a cellulóz acetát- és nitrátésztereket eredményező reakciói.

Glikogén



95. ábra.
A glikogénmolekula szerkezete

A glikogén[1] vagy állati keményítő minden emberi és állati szervezetben megtalálható, főként a májban és az izmokban. Raktározó funkciót lát el, mint a keményítő a növényekben. A glikogént megtalálták egyes baktériumokban és a magasabbrendű gombákban is.

A glikogénmolekula α-glükóz molekula-maradékaiból épül fel, de ezekből sokkal több van benne, mint az amilopektin molekulájában. Igen elágazó szerkezetű (95. ábra). A szervezetben szükség esetén glükózmolekulák hasadnak le róla (az enzimes hidrolízisnek köszönhetően). Az emberi szervezetben a glükózfölösleg glikogénné alakul az inzulin hormon részvételével.

A glikogén fehér, amorf por. A keményítőtől eltérően jól oldódik a vízben kolloid oldatot képezve, és kötődik a fehérjékhez. A jóddal különböző árnyalatú vörös színt ad, ami melegítés hatására eltűnik, majd lehűléskor ismét megjelenik. Más tulajdonságait tekintve a glikogén a keményítőhöz hasonlít. Savas hidrolízisekor először dextrineket, majd maltózt és glükózt képez.

[1] Az elnevezés a görög *glykos* – édes és *genos* – eredet szóból ered.

31. Az oxigéntartalmú szerves vegyületekről szóló ismeretek összefoglalása

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- megismételjétek az oxigéntartalmú szerves vegyületek csoportosítását;
- felidézzétek ezen vegyületek izomerjeinek a tulajdonságait;
- megtanuljátok legfontosabb tulajdonságaikat.

Az oxigéntartalmú szerves vegyületek tanulása során meggyőződhettetek arról, hogy ezek nagyobb mértékben különböznek egymástól, mint a szénhidrogének. Az eltérések érintik a molekula-összetételüket és -szerkezetüket, valamint kémiai tulajdonságaikat.

Ebben a paragrafusban össze van foglalva a tanult anyag lényegi része. Felidézhetitek az oxigéntartalmú szerves vegyületek csoportosítását, izomerjeiket, kémiai tulajdonságaikat.

Csoportosítás. Sok oxigéntartalmú szerves vegyület molekulái szénhidrát-maradékokból és funkcionális atomcsoportokból állnak. Minden funkcionális csoportban egy vagy két oxigénatom található.

▶ Nevezzétek meg az általatok ismert funkcionális atomcsoportokat, írjátok le szerkezeti képleteiket!

Attól függően, hogy milyen funkcionális csoport vagy több különböző atomcsoport fordul elő a molekuláikban, az oxigéntartalmú szerves vegyületeket csoportokba sorolják (6. táblázat). Minden csoportba hasonló összetételű, molekuláik szénláncának hosszában és szerkezeti sajátosságaiban különböző vegyületek tartoznak.

6. táblázat

Oxigéntartalmú szerves vegyületek egyes csoportjai

A vegyület neve	Általános képlete	Vegyületképlete	Szisztematikus nevezéktan szerinti neve
Alkoholok (egyatomosak)	$R{-}OH$	CH_3OH	Matanol
Aldehidek	$R{-}C(=O){-}H$	$CH_3{-}C(=O){-}H$	Etanál
Karbonsavak	$R{-}C(=O){-}O{-}H$	$CH_3{-}C(=O){-}O{-}H$	Etánsav
Észterek	$R{-}C(=O){-}O{-}R'$	$CH_3{-}C(=O){-}O{-}CH_3$	Metil-etanoát

A fenolmolekulában C_6H_5OH ugyanolyan funkcionális csoport van, mint az alkoholokban, de ez a csoport a benzéngyűrű szénatomjához kapcsolódik (sp^2-hibridizáció állapotában van). A fenolt nem sorolják az alkoholokhoz.

A természetben sok oxigéntartalmú szerves vegyület előfordul, mint például a zsírok, szénhidrátok. A keményítő és a cellulóz természetes nagymolekulájú vegyületek.

▶ Milyen csoportba tartoznak a C_3H_8O és a C_3H_6O képletű vegyületek?

Izoméria. Az oxigéntartalmú szerves vegyületek szerkezeti izomériája funkcionális csoportjaik molekuláikban való különböző elhelyezkedésével és szénláncuk eltérő szerkezetével függ össze.

▶ Írjátok le a C_4H_9COOH izomer savak szerkezeti képleteit, és nevezzétek meg a vegyületeket!

Az oxigéntartalmú szerves vegyületek izomerjei különböző csoportokba tartozhatnak. A csoportközi izoméria példái: az etanol C_2H_5OH és a dimetil-éter CH_3OCH_3, az etánsav CH_3COOH és a metánsav-metil-észter $HCOOCH_3$.

Ha az oxigéntartalmú szerves vegyület telítetlen, akkor növekszik izomerjeinek a száma annak következtében, hogy különböző helyzetekbe kerülhetnek a többes kötések a szénláncban, míg kettős kötés megléte esetén még a cisz- és transz-izomereknek köszönhetően is.

Fizikai tulajdonságok. Az oxigéntartalmú szerves vegyületek esetében, akárcsak a szénhidrogéneknél, létezik az általatok ismert törvényszerűség: a molekulatömeg növekedésével nő az olvadás- és forráspont mindegyik homológ sorban.

Az alkohol- és karbonsavmolekulákban hidroxilcsoportok találhatók. Ezek részt vesznek a molekulák közötti hidrogénkötések képzésében. Ezért az alkoholok és karbonsavak olvadás- és forráspontjai jóval magasabbak, mint a megfelelő szénhidrogénekéi.

A víz és alkohol- vagy savmolekulák között kialakuló hidrogénkötéseknek köszönhetően sok alkohol és sav oldódik vízben (néha korlátlan mennyiségben)[1].

Kémiai tulajdonságok. Az oxigéntartalmú vegyületek molekuláinak funkcionális csoportjai határozzák meg kémiai tulajdonságaik jellegét.

A funkcionális csoportok összetételében megtalálhatók az elektronegatív elem oxigén atomjai. Ezek az atomok magukhoz vonzzák a kovalens kötések elektronfelhőit és polárossá teszik őket a funkcionális csoporton belül. A szénhidrogén-maradékok pont fordítva, gyakorlatilag apolárosak. Az oxigéntartalmú szerves vegyületek molekuláinak különböző részei között kölcsönhatás figyelhető meg.

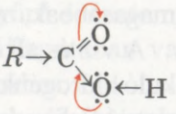
Savas tulajdonságok. Az alkoholok, a fenol és a karbonsavak molekulái egy vagy több OH csoportot tartalmaznak. A vegyületek savas tulajdonságai attól függnek, hogy a karboxilcsoport közös elektronpárja milyen mértékben van eltolódva az oxigénatom felé, azaz mennyire poláros az O–H kötés.

[1] A nagymolekulájú alkoholok és nagyszénatomszámú karbonsavak gyakorlatilag vízben oldhatatlanok.

Az *alkoholok* nem hatnak az indikátorokra. A savakra csak annyiban emlékeztetnek, hogy reagálnak az aktív fémekkel.

A *fenol* esetében a savas tulajdonságok megjelenése a benzéngyűrű hidroxilcsoportra kifejtett hatásával magyarázható. Az elektronfelhő egy része az oxigénatomtól a gyűrű π-elektronrendszeréhez megy át. Az oxigénatom azzal kompenzálja az ilyen veszteséget, hogy erősebben vonzza magához a hidrogénnel közös elektronpárt (C_6H_5–O ← H). Ezért a fenol, az alkoholoktól eltérően, reagál a lúgokkal.

A *karbonsavaknál* a savas tulajdonságok mutatkoznak meg legjobban. A kettős kötéssel rendelkező szénatomhoz kapcsolódó oxigénatom jelentős mértékben vonzza magához az egész molekula elektronfelhőjét:

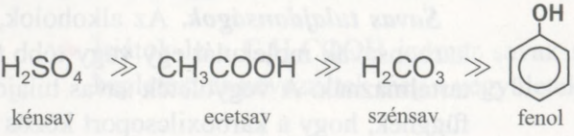


Az O–H kötés annyira poláros, hogy a karbonsavak disszociálnak vizes oldatban, és megváltoztatják az indikátorok színét. Nem csak a fémekkel és lúgokkal reagálnak, hanem a bázisos oxidokkal, oldhatatlan bázisokkal, egyes sókkal is.

A karbonsavak erősebbek a szénsavnál, de sokkal gyengébbek, mint a salétromsav vagy a kénsav (8. vázlat).

8. vázlat

Az oxigéntartalmú vegyületek savas tulajdonságainak változása



Hidrolízis-reakció. Az ilyen típusú reakciókkal először a szappan tulajdonságainak vizsgálata során ismerkedtetek meg. Vízben oldódva a szappan részben reagál a vízzel, miközben gyenge szénsav és erős

bázis képződik (182. old.). Hasonló módon hidrolizálnak a karbonsav egyéb sói is:

$$CH_3COONa + HOH \rightleftarrows CH_3COOH + NaOH,$$

$$CH_3COO^- + Na^+ + HOH \rightleftarrows CH_3COOH + Na^+ + OH^-,$$

$$CH_3COO^- + HOH \rightleftarrows CH_3COOH + OH^-.$$

Az OH^- ionok a sóoldatban indikátorral mutathatók ki.

Az észterek (köztük a zsírok) és a szénhidrátok hidrolízise másként valósul meg. Az észterek vízzel való reakciójának a termékei a megfelelő alkoholok és savak, a di- és poliszacharidok részvételével végbemenő reakciók eredményeként monoszacharidok képződnek.

▶ Milyen vegyületek képződtek a cukor és keményítő hidrolízise során?

Oxidáló-redukáló reakciók. Az oxigéntartalmú vegyületekre jellemzők az oxidáló reakciók, amelyek során az egyik csoportba tartozó vegyületek más csoportba tartozókká alakulnak:

alkohol → *aldehid* → *karbonsav.*

Az alkohol aldehiddé alakulása úgy tekinthető, hogy az alkoholmolekula elvesztett két hidrogénatomot

$$C_2H_5OH \xrightarrow{-2[H]} CH_3CHO,$$

míg az aldehid savvá alakulása azt jelenti, hogy a molekulájához egy oxigénatom kapcsolódott:

$$CH_3CHO \xrightarrow{+[O]} CH_3COOH.$$

▶ Milyen vegyületek oxidálják az alkoholokat és az aldehideket?

Az aldehidből alkohol állítható elő. Ez redukáló reakció:

$$CH_3CHO \xrightarrow{+2[H]} C_2H_5OH.$$

A reakció aldehid hidrogénnel való reagálása során valósul meg.

A ***dehidratálási reakciók*** a molekuláikban OH csoportokat tartalmazó vegyületekre jellemzők. A víz alkoholról való lehasadása következtében alkén vagy éter képződik.

A több egyforma funkcionális csoportokkal rendelkező vegyületek kémiai tulajdonságaikat tekintve hasonlítanak azokra a vegyületekre, amelyeknek a molekuláiban egy ilyen csoport van. A részvételükkel végbemenő reakciók többsége több szakaszban megy végbe. Például a dikarbonsav HOOC–COOH (sóskasav) reagál lúgokkal, s ennek eredményeként nem csak semleges, hanem savanyú sók is képződnek.

A telített oxigéntartalmú vegyületek kémiai tulajdonságait a *Melléklet* összegezi (318–329. old.).

ÖSSZEGEZÉS

Az oxigéntartalmú szerves vegyületek molekuláikban különböző funkcionális atomcsoportokat tartalmaznak. Valamely funkcionális csoport meglététől függően a vegyületeket alkoholokra, aldehidekre és karbonsavakra csoportosítják.

Az oxigéntartalmú szerves vegyületek izomériája funkcionális csoportjaik molekuláikban való különböző elhelyezkedésével és szénláncuk eltérő szerkezetével függ össze.

Az oxigéntartalmú szerves vegyületek fizikai tulajdonságai hatnak a molekulák szénláncának hosszúságára és arra, hogy képesek-e hidrogénkötések kialakítására.

Valamely funkcionális csoport megléte a molekulákban meghatározza az adott csoportba tartozó vegyületek kémiai tulajdonságait.

?

266. Keressétek meg a megfelelést, és magyarázzátok meg választásotokat!

Vegyület	Forráspont, °C
1) etán;	a) +78;
2) etanol;	b) – 89;
3) etanál;	c) +118;
4) etánsav;	d) +20!

267. Hogyan képezik az alkoholok, aldehidek, savak, észterek szisztematikus rendszertan szerinti neveit?

268. Nevezzétek meg azokat a vegyületeket, amelyeknek a képletei alább láthatók, és jelöljétek meg az izomereket:

a) $CH_3-CH_2-CH_2-OH$;

b) $CH_3-CH_2-C(=O)-H$;

c) CH_3-CH_2-COOH;

d) $CH_3-CH(CH_3)-C(=O)-OH$;

e) $CH_3-CH_2-CH_2-C(=O)-H$;

f) $CH_3-CH(OH)-CH_3$;

g) $CH_3-O-CH_2-CH_3$.

269. Állítsátok fel a képleteket:

a) dimetilpropán-1-ol;
b) 2,3-diklórpropán-1-ol;
c) 4-klórfenol;
d) 2,4-dimetilpentanál;
e) magnézium-etanoát;
f) 2-brómpropánsav;
g) vajsav-etil-észter;
h) kalcium-palminát!

270. Írjatok le egy-egy adott típusú reakcióegyenletet oxigéntartalmú szerves vegyület részvételével::

a) égés;
b) helyettesítés;
c) addíció;
d) oxidáció;
e) dehidratáció;
f) halogénezés;
g) nitrogénezés;
h) hidrolízis!

271. Egészítsétek ki a reakcióvázlatot és alakítsátok át őket kémiai egyenletekké:

a) $CH_3OH + C_3H_7OH \rightarrow ...$
$HCOOH + MgCO_3 \rightarrow ...$

b) $... \rightarrow CO\uparrow + H_2O$
$CH_3-CH_2-C(=O)-H + H_2 \rightarrow ...$

c) $CH_3-CH(CH_3)-CH(OH)-H + HBr \rightarrow ...$
$... + ... \rightarrow CH_3-CH(ONa)-CH_3 + ...$

d) $C_{17}H_{33}COOH + H_2 \rightarrow ...$
$C_6H_5OH + ... \rightarrow C_6H_5ONa + ...$

e) $CH_3OH + C_3H_7COOH \rightarrow ...$
$CH_2OH-CH_2OH + ... \rightarrow CO_2\uparrow + H_2O$

f) $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow ...$
$[C_6H_7O_2(OH)_3]_n + 2nHONO_2 \rightarrow ...$

272. Állítsátok fel azokat a reakcióegyenleteket, amelyekkel megvalósíthatók az alábbi átalakulások:

a) $CH_4 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow CH_3CHO \rightarrow C_2H_5OH \rightarrow C_2H_5Br \rightarrow C_4H_{10}$;

b) $CH_3OH \rightarrow CH_3Cl \rightarrow C_2H_6 \rightarrow C_2H_5Cl \rightarrow C_2H_5OH \rightarrow CH_3COOH \rightarrow$
$\rightarrow CH_3COONa \rightarrow CH_4$.

273. Írjátok le azoknak az átalakulásoknak a vázlatát, amelyeket annak érdekében kell megvalósítani, hogy: a) etilénből propilacetátot; b) 1-klórbutánból etil-butanoátot állítsunk elő! Írjátok le a megfelelő reakcióegyenleteket!

274. Számítsátok ki a 66 l acetilénből (n. k. k.) előállítható ecetsav tömegét, ha a sav relatív hozama 60%.

275. Összekevertek 39,2 g 10% tömegrész kálium-hidroxid oldatát 90 g 5% tömegrész legegyszerűbb kétértékű karbonsav-oldatot. A kapott oldatot teljesen bepárolták. Milyen a visszamaradt szilárd anyagmaradék minőségi és (tömegrészekben kifejezett) mennyiségi összetétele?

KÍVÁNCSIAKNAK

Szerves vegyületek molekula-szerkezetének meghatározása színképmódszerrel

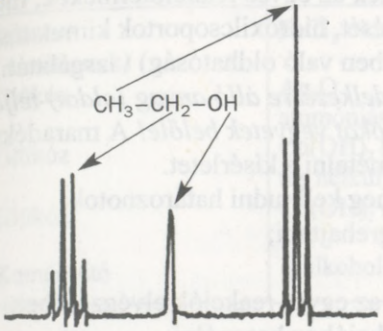
Fontos információk szerezhetők a szerves vegyületekről a kémiai tulajdonságaik vizsgálatával. Azonban a kémiai módszerek nem univerzálisak. A segítségükkel például nem különböztethetők meg az ugyanabba a vegyületcsoportba tartozó homológok vagy izomerek.

Létezik több olyan fizikai módszer, amelyekkel megállapítható a szerves vegyületek többségének molekula-összetétele és -szerkezete. Ezen módszerek közt szerepel a mágneses magrezonanciás spektroszkópia és infravörös spektroszkópia[1]. Ezek azon a jelenségen alapulnak, hogy az anyag elnyeli a bizonyos hullámhossztartományba tartozó elektromágneses sugárzást. A vizsgálat eredményeit speciális, grafikus képalkotásra képes műszerekkel rögzítik. Ezt a képet spektrumnak (színképnek) – különböző maximumokat és minimumokat (csúcsokat és mélypontokat, sávokat vagy jeleket) ábrázoló grafikonok – nevezzük. A kísérlethez 1–50 g vizsgálandó anyagot vesznek.

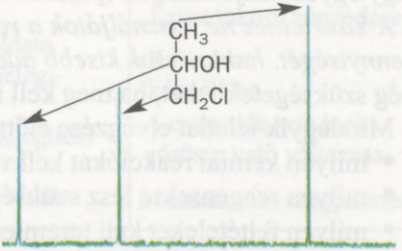
A molekula hidrogénatomjáról információt szolgáltató mágneses magrezonanciás spektroszkópiát proton mágnes-rezonanciának nevezzük. Ennek a vizsgálatnak a spektrumában a csúcscsoportok száma (néha az egyes csúcsok száma) a molekulában lévő hidrogénatomtípusok számával egyenlő. A csúcsok magassága az egyes hidrogénatomtípushoz tartozó atomok számával megközelítően arányos. Az etanol CH_3CH_2OH (96. ábra) proton mágnes-rezonanciás spektroszkópiával készült színképében a csúcsoknak két csoportja és különálló csúcsok találhatók. Ezek megfelelnek a CH_3, CH_2 és OH csoportok hidrogénatomjainak. A legnagyobb csúcsok a metilcsoport hidrogénatomjainak felelnek meg (ezekből az atomokból három van), a legkisebb csúcsok a hidroxilcsoport hidrogénatomjait jelölik.

A mágneses magrezonanciás spektroszkópia másik fajtájával rögzíthető a szénatomok állapota a molekulában. Az ilyen színképben a különböző környezettel rendelkező szénatomoknak saját csúcsgörbéik vannak (97. ábra).

[1] Ezeken kívül a kutatók elektron-spektroszkópiát és tömeg-spektroszkópiát alkalmaznak.

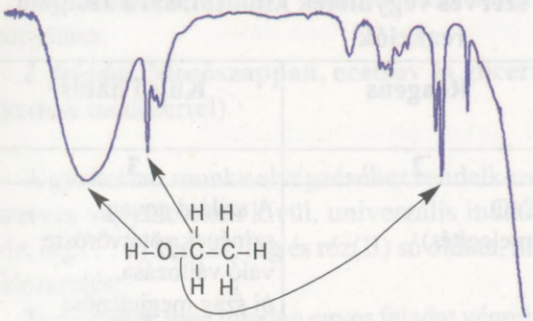


96. ábra.
Az etanol proton mágnes-rezonanciás spektroszkópiája



97. ábra.
Az 1-klórpropán-2-ol mágneses magrezonanciás spektroszkópiája

Az infravörös spektrumok lehetővé teszik az atomok közötti kémiai kötések kimutatását, és annak meghatározását, hogy a kötések hányszorosak, illetve van-e funkcionális csoport a molekulában. Az etanol infravörös színképe (98. ábra) olyan sávot (lefelé irányuló csúcsokat) tartalmaz, amely megfelel a C–H, C–O és O–H kötéseknek[1].



98. ábra.
Az etanol infravörös spektruma

A szerves vegyület színképvizsgálatainak eredményei alapján rekonstruálható molekulájának szénlánca, meghatározhatók funkcionális csoportjai és leágazásai.

3. SZ. GYAKORLATI MUNKA

Kísérleti feladatok megoldása

Ebben a gyakorlati munkában oxigéntartalmú szerves vegyületek részvételével végbemenő kémiai átalakulásokat kell megvalósítanotok, és

[1] A többi sáv eredetét nem vizsgáljuk.

meg kell mutatnotok, hogyan képződnek az egyes reakciótermékek, meg kell tanulnotok több vegyület felismerését, hidroxilcsoportok kimutatását vagy egyes tulajdonságok (például vízben való oldhatóság) vizsgálatát.

A kísérlethez ne használjátok a rendelkezésre álló anyag (oldat) teljes mennyiségét, hanem csak kisebb adagokat vegyetek belőle! A maradékra még szükségetek lehet, ha meg kell ismételni a kísérletet.

Mindegyik feladat elvégzése előtt meg kell tudni határoznotok:

- milyen kémiai reakciókat kell végrehajtani;
- milyen reagensekre lesz szükség;
- milyen feltételeket kell teremteni az egyes reakciók elvégzéséhez;
- anyagot vagy az oldatát kell a reakcióhoz használni;
- nem lesz-e káros a kísérletre nézve, ha valamelyik reagensből fölös mennyiség vesz részt a reakciókban, vagy esetleg elengedhetetlenül szükséges a fölös mennyiség;
- szükség lesz-e melegítésre.

Az oxigéntartalmú szerves vegyületek kimutatásához hasznosak lehetnek számotokra a 7. táblázatban összefoglalt ismeretek.

7. táblázat

Egyes oxigéntartalmú szerves vegyületek kimutatására szolgáló reakciók

A vegyület neve vagy típusa	Reagens	Külső hatás
1	2	3
Alkohol (egyatomos)	CuO (melegítés)	A szilárd anyag színének sötétvörösre való változása, új szag megjelenése
Alkohol (többatomos)	$Cu(OH)_2$	Kék oldat képződése
Glicerol	$Cu(OH)_2$	Kék oldat képződése
Fenol	$FeCl_3$ oldat	Ibolyaszín megjelenése
Aldehidek	Ag_2O ammóniás oldata	„Ezüst tükör" képződése
Aldehidek	$Cu(OH)_2$ (melegítés)	A csapadék színének vörösre való változása
Metánsav	Ag_2O ammóniás oldata	„Ezüst tükör" képződése
Metánsav	$Cu(OH)_2$ (melegítés)	A csapadék színének vörösre való változása

1	2	3
Etánsav (acetátionok)	$FeCl_3$ oldat	Sötétvörös csapadék megjelenése
Glükóz	Ag_2O ammóniás oldata	„Ezüst tükör" képződése
Glükóz	$Cu(OH)_2$ (melegítés nélkül)	Kék oldat képződése
Glükóz	$Cu(OH)_2$ (melegítés)	A csapadék színének vörösre való változása
Keményítő	I_2 alkoholos oldata	Sötétkék szín megjelenése

1. változat

1. feladat. **Az etanol mint oldat tulajdonságainak vizsgálata** (a nátrium-klorid és szacharóz vízben és alkoholban való oldódásának összehasonlítása).

2. feladat. **Szilárd anyagok – nátrium-acetát, citromsav, glükóz – azonosítása** (kétféle módszerrel).

1. változat

1. feladat. Szacharóz hidrolizálása és glükóz képződésének a bizonyítása.

2. feladat. **Mosószappan, ecetsav és glicerin oldatainak azonosítása** (kétféle módszerrel).

A gyakorlati munka elvégzéséhez rendelkezésetekre állnak, a megfelelő szerves vegyületeken kívül, univerzális indikátor papírcsíkjai, desztillált víz, híg (1 : 1) kénsav, lúg és réz(II) só oldata, nátrium-klorid és a szükséges felszerelés.

Tervezzétek meg minden egyes feladat végrehajtásának sorrendjét, írjatok vázlatot!

A műveleteket, megfigyeléseiteket, következtetéseiteket és a megfelelő kémiai egyenleteket írjátok be a táblázatba:

Műveleti sorrend	**Megfigyelések**	**Következtetések**
1. feladat ...		
Reakcióegyenlet (reakcióegyenletek):		

?

276. Hogyan különböztethető meg kísérletileg az etanol az alábbi oldatoktól:
   a) glicerol;
   b) fenol;
   c) etanál;
   d) etánsav;
   e) glükóz;
   f) szacharóz?
277. Hogyan különböztethetők meg egymástól kísérletileg az alábbi anyagok:
   a) szacharóz és glükóz;
   b) metánsav és etánsav;
   c) keményítő és glükóz?
278. Magyarázzátok meg, hogy miért ég majdnem színtelen lánggal az etanol és a glicerol, és miért ég kormozó lánggal az etin!

5. rész

Nitrogéntartalmú szerves vegyületek

Ebben a részben olyan szerves vegyületekről lesz szó, amelyeknek a molekulái nitrogénatomokat tartalmaznak (9. vázlat). Jelentőségüket tekintve különleges helyet foglalnak el a többi szerves vegyületek között. Bolygónkon a fehérjéknek köszönhetően alakult ki az élet. A nukleinsavak tárolják és újítják meg az örökletes információt, részt vesznek a fehérjék szintézisében. Ezeken a vegyületeken kívül megismerkedtek az aminokkal és kibővítitek az aminosavakról (molekulamaradékaik a fehérjék összetételébe tartoznak) korábban szerzett ismereteiteket is.

9. vázlat

Nitrogéntartalmú szerves vegyületek



32. Aminok

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- meg tudjátok különböztetni az aminokat más szerves vegyületektől;
- megismerkedjetek az aminok csoportosításának szempontjaival;

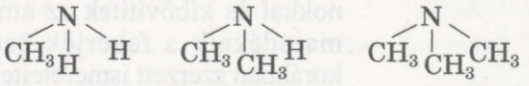
➢ ismereteket szerezzetek az aminok izomerjeiről;
➢ össze tudjátok állítani az aminok izomerjeinek képleteit, és meg tudjátok nevezni őket.

A három elem – szén, hidrogén és nitrogén – által alkotott szerves vegyületek többsége az *aminok* csoportjába tartozik.

Aminoknak nevezzük azokat a vegyületeket, amelyek úgy jönnek létre, hogy az ammónia-molekulában a hidrogénatomokat szénhidrogén-maradékok helyettesítik.

Csoportosítás. Az aminokat több ismérv szerint csoportosítják.

A ammónia-molekula NH_3 szénhidrogén-maradékokkal helyettesített hidrogénatomok száma szerint az aminokat *elsődlegesekre* (egy hidrogénatom van benne helyettesítve), *másodlagosakra* (két hidrogénatom) és *harmadlagosakra* (három hidrogénatom) osztják:



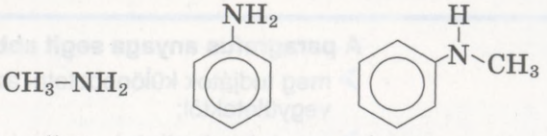
elsődleges amin másodlagos amin harmadlagos amin

Elsődleges amin
$R - NH_2$

Az elsődleges aminok $-NH_2$ atomcsoportot (aminocsoportot), a másodlagosak =NH csoportot (iminocsoportot) tartalmaznak. Az elsődleges aminok általános képlete – $R–NH_2$.

▶ Írjátok le a másodlagos és harmadlagos aminok általános képleteit!

A szénhidrogén-maradékok szerkezetétől és a bennük lévő kémiai kötések sajátosságaitól függően megkülönböztetnek *telített*, *telítetlen*, *ciklikus* és *aromás* aminokat, a másodlagos és harmadlagos aminok között pedig *keverteket* is:



telített amin aromás amin kevert amin

Elnevezés. A telített elsődleges amin[1] szisztematikus nevezéktan szerint alkotott elnevezése a megfelelő alkán nevéből és az *amin* szóból áll: CH_3NH_2 – metánamin, $C_2H_5NH_2$ – etánamin. A többi elsődleges amin nevében feltüntetik annak a szénatomnak a számát, amelyhez az aminocsoport kapcsolódik. Ehhez a leghosszabb szénláncot választják (kapcsolódnia kell hozzá az $-NH_2$ csoportnak) és megszámozzák benne az atomokat. Az aminocsoporthoz kötődő szénatomot a legkisebb sorszámmal látják el, és az elnevezésben az *amin* szó elé írják:

$$\overset{3}{C}H_3-\overset{2}{C}H_2-\overset{1}{C}H_2-NH_2.$$

propán-1-amin

Gyökök megléte esetén a vegyület nevének kezdetén tüntetik fel őket (betűrendben):

$$\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{C}H(CH_3)-\overset{2}{C}H(NH_2)-\overset{1}{C}H_3.$$

3-metilbután-2-amin

A molekuláikban egyszerű gyököket tartalmazó aminokat gyakran másként nevezik meg. Az esetükben feltüntetik (betűrendben) a nitrogénatomhoz kapcsolódó szénhidrogén-maradék nevét:

$$CH_3-NH_2 \qquad CH_3-N(CH_3)-C_2H_5$$

metilamin — etildimetilamin

Izoméria. A telített aminok esetében az izoméria az alábbi tényezők következménye:

- az aminocsoport szénlánchoz való kapcsolódásának helye;
- a szénhidrogén-maradékok összetétele és szerkezete;
- a nitrogénatomhoz kapcsolódó szénhidrogén-maradékok száma.

GYAKORLAT. **A C_3H_9N képletű izomer aminok számának meghatározása**

Megoldás.

Az elsődleges amin molekulája $-NH_2$ aminocsoportot tartalmaz. Ezt az atomcsoportot kivonjuk a C_3H_9N képletből, és a C_3H_7 szénhidrogén-

[1] A másodlagos és harmadlagos aminok szisztematikus nevezéktanát nem vizsgáljuk.

maradék-képletet kapjuk. Kétféleképpen kapcsolható hozzá aminocsoport:

$$CH_3-CH_2-CH_2-NH_2 \qquad CH_3-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}}-CH_3$$

propán-1-amin vagy propilamin — propán-2-amin vagy izopropilamin

A másodlagos amin molekulája –NH– iminocsoportot tartalmaz, amely két szénhidrogén-maradékhoz kapcsolódik. Nyilvánvaló, hogy ezek a CH_3– és C_2H_5– atomcsoportok:

$$CH_3-NH-C_2H_5.$$

etilmetilamin

Ebből könnyen levonható az a következtetés, hogy a C_3H_9N képletű izomerek közt van egy harmadik amin is:

$$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{N}}-CH_3.$$

trimetilamin

Vagyis négyféle C_3H_9N képletű izomer amin létezik.

ÖSSZEGEZÉS

Aminoknak nevezzük azokat a vegyületeket, amelyek úgy jönnek létre, hogy az ammónia-molekulában a hidrogénatomokat szénhidrogén-maradékok helyettesítik. Megkülönböztetnek elsődleges, másodlagos és harmadlagos, valamint telített, telítetlen, ciklikus és aromás aminokat. Az elsődleges aminok általános képlete: R–NH_2. A –NH_2 atomcsoportot aminocsoportnak nevezzük.

A telített elsődleges amin szisztematikus nevezéktan szerint alkotott elnevezése a megfelelő *alkán* nevéből és az *amin* szóból áll. Ha a molekulában gyökök is vannak, akkor azokat betűrendben írják a vegyület nevének elejére. Az aminok többi elnevezése a nitrogénatomhoz kapcsolódó szénhidrogén-maradék betűrendbe helyezett nevével kezdődik

A telített aminok szerkezeti izomériáját a szénhidrogén-maradékok eltérő szerkezete és a molekulában lévő számuk, valamint az aminocsoport szénlánchoz való kapcsolódásának a helye határozza meg.

?

279. Milyen vegyületeket nevezünk aminoknak?

280. Milyen tulajdonságok alapján csoportosítják az aminokat?

281. Keressétek meg a megfelelést!

Aminok képletei	Aminok nevei
1) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-NH_2$;	a) 2-metilpentán-3-amin;
2) $C_2H_5-N(CH_3)-C_2H_5$;	b) bután-1-amin;
3) $CH_3-CH(CH_3)-CH(NH_2)-CH_2-CH_3$;	c) dietilmetilamin.

282. Írjátok le a $C_4H_{11}N$ képletű izomer telített aminok molekuláinak szerkezeti képleteit! Minden vegyület esetében jelöljétek, hogy az elsődleges, másodlagos vagy harmadlagos amin-e!

283. Nevezzétek meg a legegyszerűbb izomer telített elsődleges és másodlagos aminokat!

284. Számítsátok ki a nitrogén tömegrészét a trietilaminban!

285. Határozzátok meg annak a másodlagos telített aminnak a képletét, amely 1,55-ször nehezebb a levegőnél!

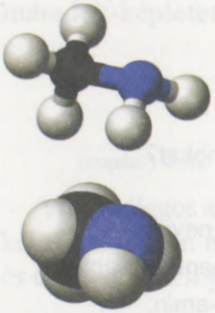
286. A nitrogén tömegrésze a technikai dietilaminban 16,8%-ot tesz ki. Számítsátok ki a keverékanyagok tömegrészét a vegyületben!

33. Telített aminok. Metilamin

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- megértsétek a metilamin molekulaszerkezetét;
- magyarázatot találjatok az aminok fő tulajdonságaira;
- megismerjétek a telített aminok tulajdonságait és alkalmazását.

A telített aminok tanulását a legegyszerűbb képviselőjüktől, a *metánamintól* CH_3NH_2 kezdjük (99. ábra).

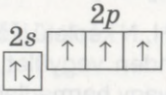


99. ábra. A CH_3NH_2 molekula modelljei (a kék golyók a nitrogénatomokat jelölik)

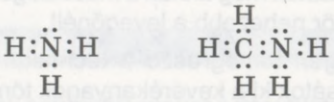
A paragrafus anyagában ennek a vegyületnek az elterjedtebb nevét, a *metilamint* fogjuk használni.

▶ Írjátok le a metilamin-molekula szerkezeti képletét!

A metilamin-molekula szerkezete. A metilamin-molekula szerkezete az ammónia-molekuláéra emlékeztet. Mindkét molekulában a nitrogénatom egyszeres kovalens kötésekkel kapcsolódik három másik atomhoz. Ezeknek a kötéseknek a kialakításában a nitrogénatom külső energiaszintjének párosítatlan elektronjai vettek részt:

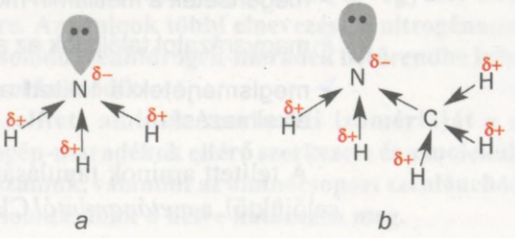


Megvizsgáljuk az ammónia és az amin molekuláinak elektronképleteit. Mindkét nitrogénatomban meg vannak jelölve a 2*s*-elektronok:



ammónia metilamin

A metilamin molekulájában a legelektronegatívabb, mint az ammónia-molekulában is, a nitrogénatom. Feléje vannak eltolódva a szomszédos atomok közös elektronpárjai (100. ábra). A nitrogénatom a metilamin-molekulában nagyobb negatív töltéssel rendelkezik, mint az ugyanolyan atom az ammónia-molekulában. Ennek oka abban rejlik, hogy a CH_3 csoport elektronfelhőjének nagyobb „adagját" adja le a nitrogénatomnak, mint a hidrogénatom.



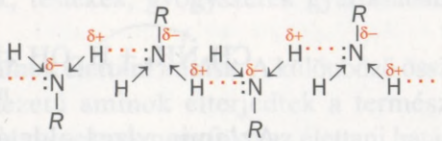
100. ábra. Elektronpárok eltolódása: *a* – az ammónia-molekulában; *b* – a metilamin-molekulában

▶ Melyik vegyület – a metilamin vagy a dimetilamin – molekulájában nagyobb a nitrogén negatívabb töltése?

A metilamin-molekula poláris (akárcsak az ammónia-molekula).

Az aminok fizikai tulajdonságai. Közönséges körülmények között a metilamin, dimetilamin, trimetilamin és etilamin – gázok, a többi amin – folyadék vagy szilárd anyag. A gáznemű és cseppfolyós aminoknak kellemetlen, szúrós a szaguk. A kis molekulatömegű aminok jól oldódnak a vízben. A szénlánc hosszának növekedésével csökken az aminok oldhatósága.

Az aminok forráspontja magasabb, mint a megfelelő szénhidrogéneké. Például a metilamin normális nyomáson –6,3 °C, a metán –161,5 °C-on forr. Az ilyen különbséget az aminok molekulái közötti hidrogénkötések okozzák (101. ábra).



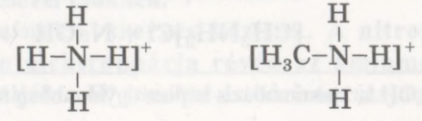
101. ábra. **Az elsődleges aminok molekulái közötti hidrogénkötések**

Az aminok mint szerves bázisok. Mivel a nitrogénatom az aminok molekuláiban osztatlan 2*s*-elektronpárral rendelkezik, az aminok, akárcsak az ammónia, addícionálhatják a hidrogén kationokat (azaz kölcsönhathatnak a savakkal):

$$NH_3 + H^+ \rightarrow NH_4^+; \quad CH_3NH_2 + H^+ \rightarrow [CH_3NH_3]^+.$$

ammóniumion metilammónium-ion

Ekkor a nitrogénatom 2*s*-elektronpárja átmegy a H^+ ion szabad 1*s*-elektronpályájára, és pótlólagos N–H: kovalens kötés alakul ki:



Tudjátok, hogy a bázisok olyan vegyületek, amelyek különböző kationok és OH^- anionok képződésével disszociálnak vizes oldatban. Jelenleg a bázisokhoz sorolják az olyan vegyületeket is (ammóniát, aminokat), amelyeknek a molekulái addícionálhatják a H^+ kationokat. Mindkét típus kölcsönhatásba lép a savakkal; eközben sók képződnek.

Az aminokat szerves bázisoknak nevezzük. A telített aminok az ammóniánál erősebb bázisok. Az aminmolekulában lévő nitrogénatom nagyobb negatív töltésének köszönhetően növekszik ennek az atomnak a H^+ kationnal való kapcsolódási képessége. A másodlagos aminok bázisos tulajdonságai kifejezettebbek, mint az elsődleges aminok esetében.

Az aminok kémiai tulajdonságai. Az aminok bázisos tulajdonságokkal rendelkeznek a vízzel és savakkal való reakciókban.

Reakciók vízzel. Az aminok, akárcsak az ammónia, a vízben való oldódásuk során részlegesen reagálnak vele:

$$\ddot{N}H_3 + H{-}OH \rightleftarrows NH_4OH \rightleftarrows \underset{\text{ammóniumion}}{NH_4^+} + OH^-;^1$$

$$CH_3\ddot{N}H_2 + H{-}OH \rightleftarrows \underset{\text{metilammónium-ion}}{[CH_3NH_3]^+} + OH^-.$$

Az amin vizes oldatában képződő OH^- ionok indikátorral vagy például Fe^{3+} sóoldat hozzáadásával (eközben barna csapadék $Fe(OH)_3$) mutathatók ki.

Reakciók savakkal. Az aminok kölcsönhatásba lépnek savakkal, a metilamin – még a gyenge savakkal (szénsavval) is. Ezeknek a reakcióknak a termékei sók, azaz ionvegyületek:

$$\underset{\text{metilamin}}{CH_3NH_2} + HCl \rightarrow \underset{\text{metilammónium-klorid}}{[CH_3NH_3]Cl}.$$

A metilammónium-klorid vizes oldata $CH_3NH_3^+$ és Cl^- ionokat tartalmaz.

Az aminsók, akárcsak az ammóniumsók, kölcsönhatásba lépnek lúgokkal:

$$[CH_3NH_3]Cl + NaOH \rightarrow CH_3NH_2 + NaCl + H_2O.$$

[1] Az NH_4OH ammóniumbázis képletét gyakrabban írják így: $NH_3 \cdot H_2O$.

▶ Állítsátok fel ennek a reakciónak az ion-molekula egyenletét!

Oxidációs reakciók. Az aminok, az ammóniától eltérően, égnek a levegőn. Az ilyen reakciók termékei – szén-dioxid, nitrogén és vízgőz:

$$4CH_3NH_2 + 9O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2N_2 + 10H_2O.$$

A metilamin levegővel való keveréke robbanásveszélyes.

Előállítás. Az aminok ipari előállításának egyik eljárása az alkoholok és ammónia reakcióin alapul:

$$CH_3OH + NH_3 \xrightarrow{t,\,k} CH_3NH_2 + H_2O.$$

Az amin és alkohol közötti további kölcsönhatás következtében másodlagos és harmadlagos aminok képződnek.

Az aminok felhasználása. Az aminokat a polimerek, műrostok, festékek, gyógyszerek gyártásában alkalmazzák.

Az aminok élettani hatása. A különböző összetételű és szerkezetű aminok elterjedtek a természetben. Közülük egyeseknek nagyfokú az élettani hatása. Sok amin toxikus. Például a metilamin irritálja a nyálkahártyákat, légzési zavarokat okoz, károsan hat az idegrendszerre és a belső szervekre.

ÖSSZEGEZÉS

A metilamin, dimetilamin, trimetilamin és etilamin közönséges körülmények között gázok, más aminok – folyadékok vagy szilárd anyagok. A gáznemű és cseppfolyós aminok szúrós szagúak. Az aminok oldhatósága vízben a molekula szénláncának növekedésével csökken.

Az aminok – szerves bázisok. A nitrogénatom osztatlan elektronpárja révén az aminmolekulák addícionálják a H^+ ionokat és bázisos tulajdonságokat

mutatnak. Az aminok reagálnak a vízzel, savakkal, és égnek a levegőn.

Az aminsók – ionos anyagok. Kölcsönhatásba lépnek lúgokkal, miközben megfelelő aminokat képeznek.

Az aminokat különböző vegyületek, anyagok gyártásában alkalmazzák.

?

287. Jellemezzétek a metilamin-molekula szerkezetét!

288. Miért nevezik az aminokat szerves bázisoknak?

289. Mivel magyarázható, hogy a metilamin közönséges körülmények között gáz, az ugyanolyan molekulatömegű és hasonló molekulaszerkezetű metanol – folyadék?

290. Állítsátok fel a reakcióegyenleteket:

a) $C_3H_7NH_2 + O_2 \rightarrow ...$

$C_2H_5NH_2 + HBr \rightarrow ...$

b) $(CH_3)_2NH + H-OH \rightarrow ...$

$(CH_3)_2NH + HCl \rightarrow ...$

c) $... + ... \rightarrow [C_3H_7NH_3]Cl$

$... + H_2SO_4 \rightarrow [C_2H_5NH_3]HSO_4$

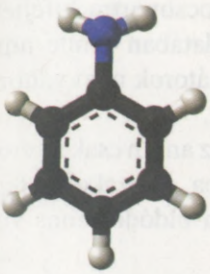
291. Számítsátok ki a dimetilamin sűrűségét (n. k. k.) és hidrogénhez viszonyított relatív sűrűségét!

292. Az amin elégése során vízgőz és 0,3 mol gáz képződött. A reakciótermékek fölös mennyiségű lúgon történő átbocsájtása után 0,1 mol gáz maradt. Határozzátok meg az amin képletét!

34. Anilin

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- megértsétek az anilin molekulaszerkezetét;
- össze tudjátok hasonlítani a metilamin és az anilin bázisos tulajdonságait;
- megismerjétek az anilin tulajdonságait, előállítási módjait és alkalmazását.

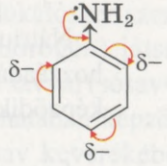


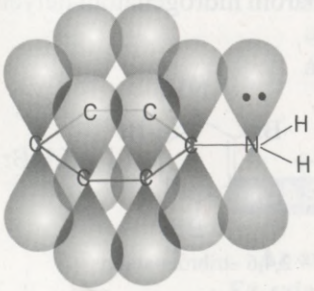


102. ábra. Az anilin molekulamodellje

A legegyszerűbb aromás amin az *anilin* vagy *fenilamin* $C_6H_5NH_2$ (102. ábra). Ez színtelen, jellegzetes szagú folyadék, amely oldódik az alkoholban, benzénben, de kevéssé oldódik a vízben. Az anilin – toxikus anyag.

Molekulaszerkezet. Az anilin molekulája két részből áll: aminocsoportból és benzéngyűrűből. A nitrogénatom osztatlan elektronpárja a benzéngyűrű *p*-elektronjaival közös π-elektronrendszert képez (103. ábra). A nitrogénatom elektronfelhőjének egy része a benzéngyűrű felé tolódik el, és az *orto*-, valamint *para*-helyzetekben koncentrálódik[1]:



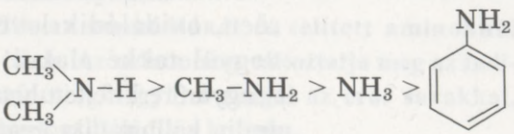


103. ábra. π-elektronrendszer az anilinmolekulában

A negatív töltés nagyságának csökkenése a nitrogénatomban az anilin bázisos tulajdonságainak gyengülését idézi elő, a metilaminhoz viszonyítva. A $C_6H_5NH_2$ molekula nehezebb, mint a CH_3NH_2, és addícionálja a H^+ iont, de gyengébben köti magához.

Kémiai tulajdonságok. Egyes reakciók, amelyekbe az anilin lép, az aminocsoport részvételével, a többi – a benzéngyűrű közreműködésével megy végbe.

Reakciók savakkal. Az anilin gyengébb bázis, mint az ammónia és a telített aminok:



[1] Hasonló jelenség figyelhető meg a fenolmolekulában.



104. ábra.
Anilin reakciója brómos vízzel

Ez a benzéngyűrű aminocsoportra kifejtett hatása. Az anilin vizes oldatában szinte nincsenek OH^- ionok; az indikátorok nem változtatják meg benne a színüket.

A metilamintól eltérően az anilin csak az erős savakkal lép kölcsönhatásba. A reakciók termékei sók, amelyek vízben oldódó ionos vegyületek:

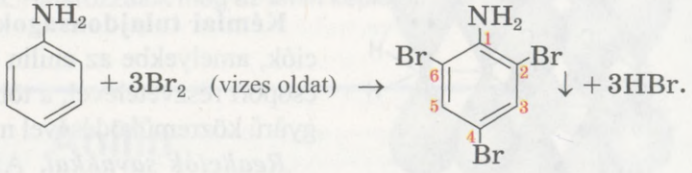
$$\underset{\text{anilin vagy fenilamin}}{C_6H_5NH_2} + HCl \rightarrow \underset{\text{fenilammónium-klorid}}{[C_6H_5NH_3]Cl}$$

$$C_6H_5NH_2 + H^+ \rightarrow \underset{\text{fenilammónium-ion}}{[C_6H_5NH_3]^+}$$

Nátrium-hidroxid fenilammónium sóoldathoz való hozzáadásakor olajcseppek alakjában megjelenő anilin képződik.

▶ Írjátok le a fenilammónium-klorid lúggal való reakciójának ion-molekula egyenletét!

Reakció brómmal. Az anilin gyorsan reagál a brómos vízzel, miközben sárgásfehér csapadék képződik (104. ábra). Ekkor az aminmolekula benzéngyűrűjében egyszerre három hidrogénatom helyettesítődik brómatomokkal:



anilin — 2,4,6 –tribróm-anilin[1]

Oxidációs reakciók. Az anilin, a benzéntől eltérően, oxidálódik levegőn, miközben különböző vegyületekké alakul. Ez az aminocsoport benzéngyűrűre kifejtett hatásának a következménye. Az anilin kálium-dikromát $K_2Cr_2O_7$ és tömény kénsav

[1] Az anilinszármazékok neveit ugyanúgy képezik, mint a fenolszármazékokét.

általi oxidálódása során fekete színű festékanyag – anilinfekete – képződik.

Ha az anilin vizes oldatához klórmeszet vagy klóros vizet adnak, az amin oxidációs termékeire jellemző ibolyaszín jelenik meg (105. ábra). Ezzel a módszerrel kis mennyiségű anilin is kimutatható.



105. ábra.
Anilin reakciója klórmésszel

Az anilin, a benzénhez hasonlóan, kormozó lánggal ég a levegőn.

Előállítás. Az anilin a legfontosabb amin. Iparilag nitrobenzén $C_6H_5NO_2$ redukálásával állítják elő. A redukálószer szerepét hidrogénatomok (atomi hidrogén) játsszák, amelyek aktív fém (Fe, Zn) savval (sósavval) való reagálásának első pillanatában képződnek. A nitrobenzén, fém és sav keverékében végbemenő reakció vázlata:

$$\underset{\text{nitrobenzén}}{C_6H_5NO_2} + 6H \xrightarrow{Fe,\ HCl} \underset{\text{anilin}}{C_6H_5NH_2} + 2H_2O.$$

Alkalmazás. Anilinból sok származéktermékeket – festékeket, gyógyszereket, fényképező anyagokat, polimereket, robbanóanyagokat – állítanak elő.

ÖSSZEGEZÉS

Az anilin $C_6H_5NH_2$ – a legegyszerűbb aromás amin. Ez színtelen, jellegzetes szaggal rendelkező, vízben kevéssé oldódó folyadék.

Az anilin az ammóniánál és telített aminoknál gyengébb bázis. Az oldata nem változtatja meg az indikátorok színét. A vegyület reagál az erős savakkal, brómos vízzel, oxidálódik a levegőn.

Iparilag az anilint nitrobenzénből állítják elő. Kiindulási vegyülete sok anyag gyártásának.

?

293. Magyarázzátok meg, miért mutatkoznak a bázisos tulajdonságok kisebb mértékben az anilinnál, mint a metilaminnál!

294. Írjátok le az alábbi reakcióegyenleteket:

a) $C_6H_5NH_2 + O_2 \rightarrow \ldots$

b) $C_6H_5NH_2 + HBr \rightarrow \ldots$

295. Írjátok le azokat a reakció-egyenleteket, amelyekkel megvalósíthatók a következő átalakulások:

$$CH_4 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow C_6H_6 \rightarrow C_6H_5NO_2 \rightarrow C_6H_5NH_2.$$

296. Miért reagál az anilin gyengébben a brómmal, mint a benzén?

297. Számítsátok ki az elemek tömegrészét az anilinban!

298. Mekkora tömegű nitrobenzén használódik el 200 kg anilin előállítására, ha az amin relatív hozama 95%?

299. Az aromás amin elégésekor víz és 1,3 mol gáz képződik. Miután ezeket a reakciótermékeket fölös mennyiségű lúgon bocsájtották át, 0,1 mol gáz képződött. Határozzátok meg az amin képletét!

35. Aminsavak

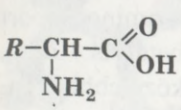
A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- meg tudjátok különböztetni az aminosavakat más vegyületektől;
- megtanuljátok az aminosavak csoportosítását és izomériáját;
- felidézzétek az aminosavak kémiai tulajdonságait;
- bővítsétek a peptidekkel kapcsolatos ismereteiteket.

Az élőlények számára különleges jelentőségük van az *aminosavaknak*. Molekula-maradékaik a fehérjék, enzimek, hormonok részét képezik.

Az aminosavak olyan szénhidrogén-származékok, amelyek molekuláiban amino- és karboxilcsoportok találhatók.

α-aminosavak



A természetben legelterjedtebbek az *α-aminosavak*. Ezeknek a savaknak a molekuláiban az aminocsoport a karboxilcsoporthoz legközelebbi szénatomhoz kapcsolódik. Az aminosavak általános képlete – $R-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COOH$.

A különböző fehérjék molekulái húszféle α-aminosav maradékaiból állnak. Ezeknek a savaknak több mint fele az élő szervezetekben képződik anyagcseretermékekből. A fehérjék szintéziséhez szükséges más α-aminosavakat az ember és az állatok a táplálékkal együtt kapják. Ezek a *pótolhatatlan* aminosavak. A növények minden olyan aminosavat szintetizálni tudnak, amelyekből a fehérjéik szintetizálódnak.

Csoportosítás. Az aminosavakat több ismérv alapján csoportosítják.

A *szénlánc szerkezetére* való tekintettel az aminosavakat ciklikusakra és nem ciklikusakra osztják. Ebben a paragrafusban csak azokat a vegyületeket vizsgáljuk, amelyeknek a molekulái nyílt szénláncúak.

Az *amino- és karboxilcsoportok száma alapján* megkülönböztetnek olyan aminosavakat, amelyeknek a molekuláiban egy $-NH_2$ és egy –COOH csoport, egy $-NH_2$ és két –COOH csoport, két $-NH_2$ és egy –COOH csoport található.

A molekuláikban egy aminocsoportot és egy karboxilcsoportot tartalmazó vegyületeket *ezeknek a csoportoknak egymáshoz viszonyított helyzete* szerint α-aminosavakra, β-aminosavakra és γ-aminosavakra osztják.

Elnevezés. Az aminosavak szisztematikus nevezéktan szerint képzett elnevezése a megfelelő karbonsavak nevéből és az ehhez toldott *amino-* előtagból áll (8. táblázat). Az aminocsoport helyzetét 2, 3 stb. számokkal jelölik (az 1 sorszámmal a karboxilcsoport szénatomját jelzik):

$$H_2N-\overset{4}{C}H_2-\overset{3}{C}H_2-\overset{2}{C}H_2-\overset{1}{C}OOH.$$

4-aminbutánsav

Az aminosavak másik elnevezése a karbonsavak triviális neveitől ered (5. táblázat). A aminocsoport helyét a molekulában a görög ábécé betűivel – α, β, γ – jelölik, a karboxilcsoporthoz legközelebbi szénatomtól kezdődően:

$$H_2N\overset{\gamma}{-}CH_2\overset{\beta}{-}CH_2\overset{\alpha}{-}CH_2-COOH.$$

γ-amino-vajsav

A fehérjék alapjául szolgáló α-aminosavak esetében leggyakrabban a triviális neveket használják: glicin, analin. Ezenkívül ezeknek a vegyületeknek rövidített jelölésére az aminosavak neveinek első három betűjét használják (8. táblázat).

8. táblázat

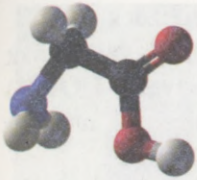
Egyes α-aminosavak képletei és elnevezései

Képlet	Elnevezés	
	szisztematikus	triviális
H_2N-CH_2-COOH	Aminoetánsav	Glicin (Gly)
$CH_3-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{\vert}{CH}}-COOH$	2-aminopropánsav	Alanin (Ala)
$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{CH}}-CH_2-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{\vert}{CH}}-COOH$	2-amino-4-metil-pentánsav	Leucin (Leu)
$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{CH}}-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{\vert}{CH}}-COOH$	2-amino-3-metil-butánsav	Valin (Val)

A legegyszerűbb α-aminosav az aminoetánsav vagy aminoecetsav[1] (106. ábra).

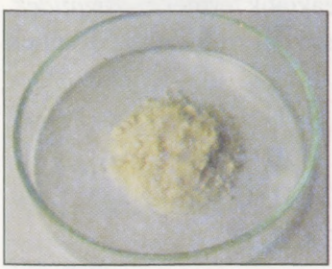
Izoméria. Az aminosavak szerkezeti izomériája a molekuláik *szénláncának eltérő szerkezetével és az aminocsoport helyével* kapcsolatos. Az izomer aminosavak példái:

[1] Aminometánsav nem létezik. Feltételezik, hogy a képződésének pillanatában ammóniára és szén-dioxidra esik szét.

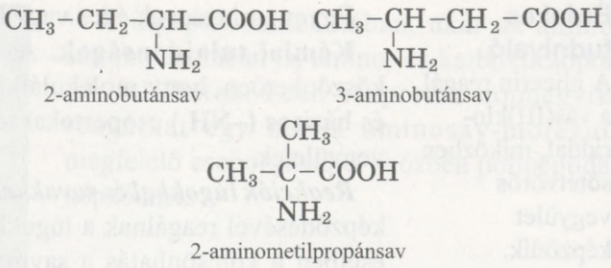




106. ábra. Az aminoecetsav molekulamodelljei

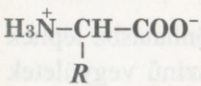


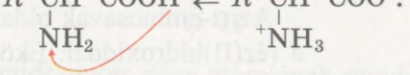
107. ábra. Aminoecetsav



Szerkezet és fizikai tulajdonságok. Az aminosavak – kristályos anyagok (107. ábra). A karbonsavaktól és szervetlen savaktól eltérően ezek nem molekulákból, hanem különleges, *bipolárisaknak* nevezett ionokból állnak. Ilyen ion annak köszönhetően képződik az oldatban, hogy H^+ kation hasad le a karboxilcsoportról, amelyet az aminocsoport addícionál. Az oxigénatomon negatív töltés képződik, a nitrogénatomon – pozitív:

Bipoláris ion





Ismeretes, hogy az ellenkező töltéssel rendelkező ionok sokkal erősebben kapcsolódnak egymáshoz, mint az elektromosan semleges molekulák. Ezért az aminosavak olvadáspontja magasabb, mint a megfelelő karbonsavaké. Az aminoecetsav H_2NCH_2COOH (vagy $H_2\overset{+}{N}H-CH_2COO^-$) olvadáspontja a 232–236 °C hőmérsékleti tartományban (elbomlik) található, míg az ecetsav CH_3COOH 16,7 °C-on olvad.

Az aminosavak jól oldódnak a vízben, de a szerves oldószerekben rendszerint oldhatatlanok. A molekuláikban egy karboxilcsoporttal és egy aminocsoporttal rendelkező aminosavak vizes oldatai majdnem semlegesek; az indikátorok nem változtatják meg bennük a színüket.

Érdekes tudnivaló

A glicerin reagál a vas(III)kloriddal, miközben sötétvörös vegyület képződik.

Egyes aminosavak édes vagy keserű ízűek.

Kémiai tulajdonságok. Az aminosavak annak köszönhetően, hogy molekuláikban savas **(–COOH)** és bázisos **($–NH_2$)** csoportokat tartalmaznak, amfoter vegyületek.

Reakciók lúgokkal és savakkal. Az aminosavak sók képződésével reagálnak a lúgokkal és savakkal. Első esetben a kölcsönhatás a savmolekula karboxilcsoportjának a részvételével megy végbe

$$H_2N–CH_2–COOH + NaOH \rightarrow \underset{\text{nátrium-aminoacetát}}{H_2N–CH_2–COONa} + H_2O,$$

a másodikban – az aminocsoport közreműködésével:

$$H_2N–CH_2–COOH + HCl \rightarrow \underset{\text{glicin-klorid}}{[H_3N–CH_2–COOH]Cl}.$$

Más reakciók. A karbonsavakhoz hasonlóan az aminosavak reagálnak az aktív fémekkel, egyes sókkal (például a karbonátokkal), alkoholokkal, ammóniával.

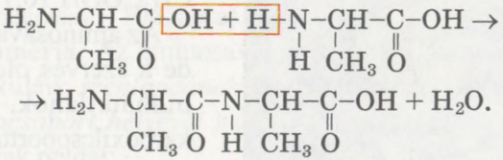
▶ Írjátok le az amino-ecetsav nátrium-karbonáttal és ammóniával való rekcióinak egyenleteit!

Az α-aminosavak oldatban kölcsönhatásba lépnek a réz(II)hidroxiddal. Eközben kék színű vegyületek képződnek (108. ábra):

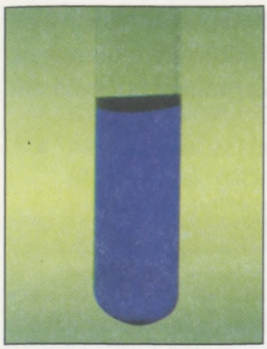
$$\underset{\text{amino-ecetsav}}{2H_2N–CH_2–COOH} + Cu(OH)_2 \rightarrow \underset{\text{réz(II)aminoacetát}}{(H_2N–CH_2–COO)_2Cu} + 2H_2O.$$

Ez a reakció az α-aminosavak kimutatására szolgál.

Aminosavak közötti reakciók. Bizonyos feltételek mellett az α-aminosavak molekulái kölcsönhatásba lépnek egymással. Az ilyen reakciók termékei – *peptidek*. A dipeptid két α-aminosavból való képződésének vázlata:



Az ellenkező folyamat is végbemehet, ami nem más, mint a dipeptid hidrolízise. Ez a reakció melegítés vagy erős sav hatására valósul meg.

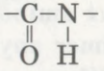


108. ábra.
Réz(II)aminoacetát oldata

A dipeptid-molekulában, akár az aminosav-molekulában is, amino- és karboxilcsoportok találhatók. Ezen csoportok mindegyike reagálhat egy másik aminosav-molekula megfelelő csoportjával, s eközben polipeptidek képződnek.

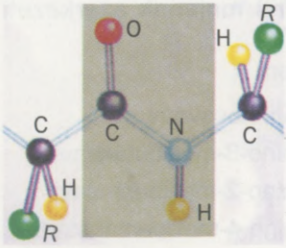
A peptid elnevezése a megfelelő α-aminosavak triviális neveiből áll. Ekkor azoknak az aminosavaknak a nevében, amelyek a karboxilcsoportok részvételével reagáltak, a képzőt -il-re módosítják. A peptidek nevének példái: alanil-analin (dipeptid), glicil-alanil-valin (tripeptid).

A polipeptid-molekulákban *peptidcsoportoknak* nevezett, egyforma atomcsoportok találhatók:



A peptidcsoport négy atomjának mindegyike egy síkban helyezkedik el (109. ábra).

Előállítás. Aminosavakat több módszerrel állítanak elő. Az egyik eljárás – *fehérjék hidrolízise*. Fehérjék savakkal vagy lúgokkal együtt történő tartós melegítése hatására aminosavak és néhány más anyag képződik. Az ilyen keverékből igen nehéz minden aminosavat kinyerni. Az aminosavak *mikrobiológiai eljárással* való előállítása azon alapul, hogy speciális mikroorganizmusok segítségével feldarabolják a fehérjemolekulákat. Léteznek szintetikus módszerek is ezeknek a vegyületeknek az előállítására.



109. ábra.
Peptidcsoport a peptidmolekula fragmentumban

Alkalmazás. Az aminosavakat széleskörűen alkalmazzák az orvoslásban mint gyógyszerkészítményeket a vér, máj, hasnyálmirigy, idegrendszer betegségei és anyagcserezavarok esetén. Semlegesítik a

toxikus anyagokat a szervezetben. Egyes aminosavakat nyersanyagokként használnak a műrostok, műanyagok gyártásában, másokat állati takarmányadalékokként alkalmaznak.

ÖSSZEGEZÉS

Az aminosavak – a molekuláikban amino- és karboxilcsoportokat tartalmazó szénhidrogén-származékok. Az α-aminosavak molekuláiban az aminocsoport a karboxilcsoporthoz legközelebb lévő szénatomhoz kapcsolódik. Húsz α-aminosav fragmentumai képezik a fehérjék összetételét.

Az aminosavak amfoter vegyületek. Ezek reagálnak a lúgokkal és erős savakkal.

Az aminosav-molekulák egymással is kölcsönhatásba léphetnek. Ekkor peptidek – aminosav-maradékokból álló, egymáshoz peptid atomcsoportokkal –CO–NH– kapcsolódó vegyületek – képződnek.

Az aminosavakat felhasználják az orvoslásban, polimer anyagok gyártásában, állati takarmányok adalékanyagaiként.

?

300. Milyen vegyületeket nevezünk aminosavaknak?

301. Állítsátok fel a 2-aminopropánsav bipoláris ionjának szerkezeti képletét!

302. Keressétek meg a megfelelést!

Molekulaképlet	Aminosavnév
1) $CH_3-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{\vert}{CH}}-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{CH}}-COOH$;	a) 3-amino-3-metilbutánsav;
	b) 3-amino-2-metilbutánsav;
2) $NH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{\vert}{C}}}}-CH_2-COOH$;	c) 2-amino-4-metilpentánsav.
3) $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{CH}}-CH_2-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{\vert}{CH}}-COOH$;	

303. Írjátok fel a következő savak molekuláinak szerkezeti képletét:
   a) 2-aminopentánsav;
   b) 3-amino-2,3-dimetilbutánsav;
   c) 4-amino-3-metilbutánsav.

304. Állítsátok fel az alanin magnéziummal, nátrium-hidroxiddal, ammóniával, brómsavval, glicinnel való reakciójának egyenleteit! A reakciók közül melyek mutatják az aminosavak amfoter jellegét?

305. Írjátok fel az alábbi peptidek hidrolízise során képződő vegyületek molekuláinak szerkezeti képleteit:

   a) $H_2N-CH_2-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-\underset{\underset{H}{|}}{N}-CH_2-COOH$;

   b) $H_2N-CH_2-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-\underset{\underset{H}{|}}{N}-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-\underset{\underset{H}{|}}{N}-CH_2-COOH$.

306. Milyen a szén tömegrésze a molekulájában hat atomot tartalmazó γ-aminosavban?

307. Egyenlő mennyiségben glicint és alanint kevertek össze. Számítsátok ki az aminosavak tömegrészét a keverékben!

308. A 3-aminopropánsavból és brómsavból képződött 8,5 g sóra fölös mennyiségben vett kálium-hidroxid oldattal hatottak. Számítsátok ki az aminosav káliumsójának kapott tömegét!

36. Fehérjék

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- felidézzétek a szervezet fehérjéinek összetételét és funkcióit;
- megértsétek a fehérjemolekula térszerkezetét;
- kibővítsétek a fehérjék tulajdonságairól szerzett ismereteiteket.

A természetben léteznek olyan anyagok, amelyek rendkívül fontosak az élő szervezetek számára. Ezek az anyagok – a fehérjék.

A fehérjék – α-aminosavmaradékokból álló, az élő szervezetekben specifikus funkciókat ellátó polipeptidek.

A fehérjék a sejtek „építőkövei". Ezenkívül a fehérjék szabályozzák az anyagcserét, biztosítják a szervezet mozgási tevékenységét, védik a szervezetet a fertőzésektől, idegen testektől, katalizálják a kémiai reakciókat a sejtekben, szállítják a tápanyagokat a szervekhez és szövetekhez. A fehérjék egyúttal a szervezet energiaforrásául is szolgálnak: 1 g fehérje lebontása során 17,7 kJ hő fejlődik.

Az emberi és állati szervezetben több fehérje van, mint a növényekben. Fehérjék képezik az izmok, kötőszövetek, fedőszövetek, bőr, haj, köröm összetételének nagy részét. A fehérjék a táplálékkal kerülnek az emberi és állati szervezetbe. Ott enzimek hatására aminosavakra hasadnak szét, amelyekből a szervezet csak rá jellemző fehérjéket szintetizál. A növényekben a fehérjék (és szénhidrátok) szervetlen anyagokból fotoszintézis eredményeként képződnek:

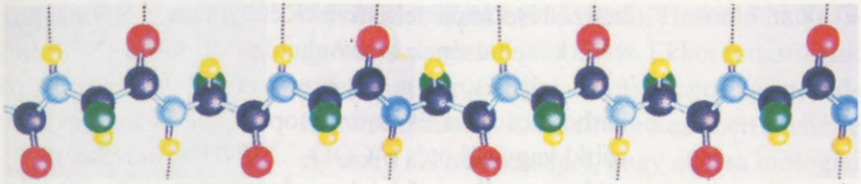
szén-dioxid + víz +egyes oldott sók $\xrightarrow{h, v}$ fehérjék + oxigén.

A fehérjékben öt fő elem található: szén (a tömegrésze – 50–55%), oxigén (21,5–23,5%), nitrogén (15–17%), hidrogén (6,5–7,3%) és kén (0,3–2,5%). Ezenkívül egyes fehérjékben kevés foszfor, jód, vas és más elemek is előfordulnak.

A fehérjék molekulatömegének értéke elég nagy, a néhány ezertől több millióig terjed.

Csoportosítás. Megkülönböztetnek egyszerű és összetett fehérjéket. Az egyszerű fehérjékhez vagy *proteinekhez* azokat a fehérjéket sorolják, amelyeknek a molekuláiban csak aminosav-molekulák maradékai találhatók. Az összetett fehérjék vagy *proteidek* szénhidrátok, ortofoszforsav és nukleinsavak maradékait is tartalmazzák.

Molekulaszerkezet. A fehérjék szerkezetének kutatásában jelentős eredményeket ért el Emil Fischer német tudós, aki bebizonyította, hogy a fehérje-

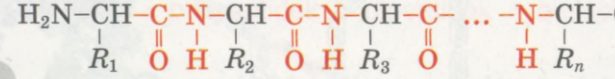


110. ábra.
A fehérje elsődleges struktúrájának (szerkezetének) golyó-pálcika modellje (a fekete golyók – szénatomok, a sárgák – hidrogénatomok, a kékek – nitrogénatomok, a vörösek – oxigénatomok, a zöldek – szénhidrogén- és más maradékok)

molekulák α-aminosavak egymáshoz peptidcsoportokkal kapcsolódó fragmentumaiból áll.

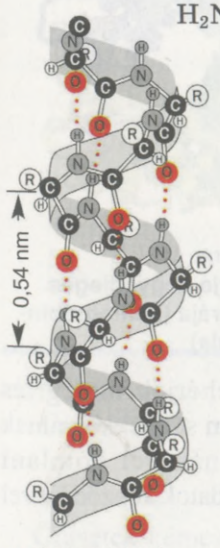
Szerkezetüket tekintve a fehérjéknek nincsenek analóg vegyületeik az ismert szerves vegyületek között. A fehérje-molekuláknak négy szerveződési szintjük van.

Az ***elsődleges fehérjestruktúra*** (***fehérjeszerkezet***) – aminosav-maradékok precíz szekvenciáiból álló polipeptidlánc (110. ábra):



Ebben a képletben a különböző indexekkel megjelölt *R* betűk jelzik a szénhidrogén- és egyéb maradékokat.

A ***másodlagos fehérjestruktúra*** – a polipeptidlánc által felvett meghatározott (zömmel spirál alakú) térszerkezet (111. ábra). A spirál egyik csavarjának CO csoportjának oxigénatomja és a szomszédos csavar NH csoportjának hidrogénatomja között hidrogénkötés jön létre. Mindegyik peptidcsoport két ilyen kötés képződésében vesz részt. Az *R* maradékok a spirál külső oldalán helyezkednek el.



111. ábra.
A fehérje másodlagos szerkezete

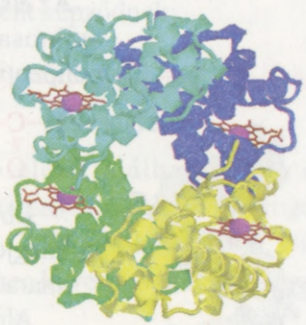
A ***harmadlagos fehérjestruktúra*** a polipeptidlánc spiráljának gombolyaggá (globulává) történő felcsavarodása vagy összetekeredése révén jön létre. Hasonló térszerkezet létezését a fehérjemolekula-szakaszok közötti további kémiai kötések

képződése teszi lehetővé. Két kénatom egymáshoz való közelítésének köszönhetően diszulfid (S–S) híd (112. ábra), míg az egymáshoz közel kerülő karboxilcsoport és aminocsoport között úgynevezett sóhíd vagy sókötés (–COO– … $^{+}NH_3$–) keletkezik.

A ***negyedleges fehérjestruktúra*** bonyolult alakzatok rendszere. Az elektrosztatikus kölcsönhatásnak köszönhetően több fehérjeglobula egyesül. Az így képződő struktúra egységes komplexumot képez, amely meghatározott funkciót lát el az élő szervezetben. A globulafragmentumok között új diszulfid és sóhidak, valamint hidrogénkötések jönnek létre. Negyedleges struktúrája van a hemoglobinnak, molekulája négy globulából áll (113. ábra).



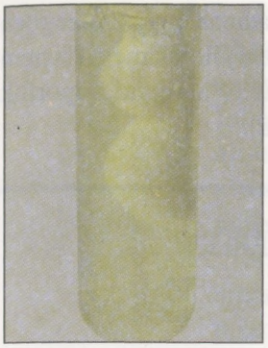
112. ábra.
A fehérje harmadlagos struktúrájának részlete



113. ábra.
A fehérje negyedleges struktúrája (hemoglobin-molekula)

Fizikai tulajdonságok. A fehérjék melegítés hatására nem olvadnak meg, hanem sötétekké válnak és égett haj szagának megjelenésével bomlani kezdenek. Egyes fehérjék kolloid oldatok képződésével oldódnak a vízben.

Ha a fehérjeoldathoz sav, lúg, réz(II)só, ólom(II)só vagy más („nehéz") fémes elemek sóinak tömény oldatát adják, vagy szerves oldószert (például alkoholt) öntenek hozzá, a fehérje kicsapódik, más szóval:



114. ábra.
A fehérje denaturalizációja

denaturalizálódik (114. ábra). Hasonló hatás figyelhető meg melegítéskor is. Ekkor roncsolódik a fehérje negyedleges, harmadlagos és másodlagos struktúrája. Ennek következtében a fehérje elveszíti azt a képességét, hogy ellássa biológiai funkcióit. Azonban az élelmiszerekben lévő fehérjéket denaturalizációjuk után könnyebben hasznosítja a szervezet. A sült vagy főtt tojás és a savanyú tej egyszerűbben emészthető, mint a nyers tojás vagy a friss tej.

Kémiai tulajdonságok. A fehérjék, az aminosavakhoz hasonlóan, gyenge bázisos és savas tulajdonságokkal rendelkező *amfoter vegyületek.*

Savak vagy enzimek jelenlétében a fehérjék hidrolizálnak. Ennek az átalakulásnak a végtermékei olyan aminosavak, amelyeknek a molekula-maradékai a fehérje összetételében voltak. A hidrolízis több szakaszban megy végbe:

fehérje → polipeptidek → dipeptidek → aminosavak.

Ismeretesek fehérjék részvételével végbemenő jellegzetes reakciók. Ezeket az átalakulásokat színváltozás kíséri, ezért *színreakcióknak* nevezik őket. Ilyen egyebek mellett a biuret-reakció és a xantoprotein-reakció.

19. SZ. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET

Biuret-reakció

Öntsetek kémcsőbe 1–1 ml tojásfehérje- és lúgoldatot, majd adjatok hozzá néhány csepp réz(II)szulfát oldatot! Keverjétek meg a kémcső tartalmát! Mi figyelhető meg?

A fehérjék és réz(II)só oldatának lúgos közegben lezajló reakciója során ibolyaszín jelenik meg. Ez nem más, mint a *biuret-reakció*, amely a peptidcsoportok kimutatására szolgál (115. ábra).

20. SZ. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET

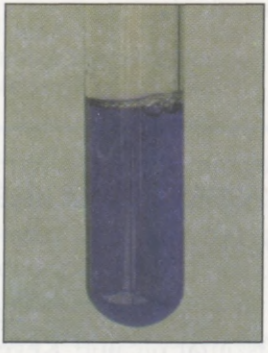
Xantoprotein-reakció

Öntsetek kémcsőbe 1 ml tojásfehérje-oldatot és adjatok hozzá 0,5 ml 20%-os salétromsavat. Milyen a képződő csapadék színe?

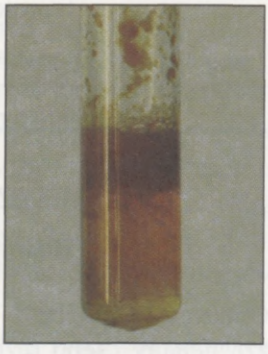
Melegítsétek fel a kémcső tartalmát! Megváltozik-e a csapadék színe?

A kémcső tartalmának lehűlése után adjatok a csapadékhoz kevés lúgoldatot! Mi figyelhető meg?

Ha a fehérjéket vagy oldataikat salétromsavval melegítik, akkor az aromás aminosavak fehérjékben lévő molekula-maradékai sárga színű nitrogénvegyületek képződésével lépnek kölcsönhatásba ezzel a savval (*xantoprotein-reakció*, 116. ábra). Ugyanez a reakció játszódik le, amikor tömény salétromsav kerül a bőrre (vízzel lemoshatatlan sárga folt keletkezik).



115. ábra.
Biuret-reakció



116. ábra.
Xantoprotein-reakció

Gyakorlati jelentőség. A fehérjék nélkülözhetetlen részét képezik az élelmiszereknek és az emberi, valamint állati táplálkozásnak. A felnőtt ember napi fehérjeszükséglete átlagosan 100–110 g. Az állattenyésztésben a takarmányok tápértékének növelése céljából mikrobiológiai eljárással szintetizált fehérjékkel dúsítják őket.

Az ember ősidőktől fogva használ fehérje alapú anyagokat és eszközöket – gyapjút, bőrt, selymet, prémet, csirizt, zselatint. A korszerű mosószerek olyan enzimeket tartalmaznak, amelyek elbontják a szövetek fehérje jellegű szennyeződéseit.

ÖSSZEGEZÉS

A fehérjék – α-aminosavak molekula-maradékaiból „felépülő" polipeptidek. Fontos biológiai funkciókat látnak el az élő szervezetekben: megvalósítják és szabályozzák az anyagcserét, a sejtek „építőanyagául" szolgálnak. Az emberi és állati szervezetek a táplálékkal veszik fel a fehérjéket, amelyek bennük enzimek hatására aminosavakra hasadnak szét. Ezekből minden szervezet saját magára jellemző fehérjéket szintetizál.

Megkülönböztetnek elsődleges, másodlagos, harmadlagos és negyedleges fehérjestruktúrákat.

Ha fehérjeoldatot melegítenek vagy savat, lúgot, bizonyos sókat adnak hozzá, akkor a fehérje denaturálódik, azaz roncsolódik a térszerkezete és elveszíti biológiai funkcióit. Bizonyos feltételek mellett a fehérjék hidrolizálnak.

?

309. Milyen vegyületeket nevezünk fehérjéknek? Jellemezzétek szerepüket a szervezetek élettevékenységében!

310. A fehérjék, mint ismeretes, polipeptidek. Fehérje-e minden polipeptid? Feleleteteket indokoljátok meg!

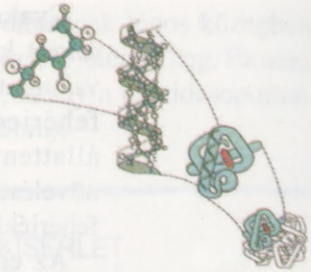
311. Miben különböznek a proteinek a proteidektől?

312. Fűzzetek magyarázatot a 117. ábrához!

313. Mi a fehérjék denaturalizációja? Mi idézheti elő?

314. Jellemezzétek a fehérjék színreakcióit!

315. A fehérjék tömegrésze a babban 21%, míg a nitrogén átlagos tömegrésze a fehérjékben – 16%. Mekkora tömegű nitrogént tartalmaz 60 g bab?



117. ábra.
A fehérjemolekula struktúráinak kölcsönös kapcsolata

37. Nukleinsavak

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

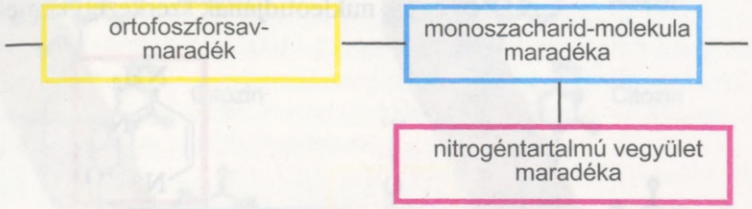
- részletesen megismerjétek a nukleinsavak összetételét;
- megértsétek a DNS kettős spiráljának szerkezetét;
- kibővítsétek tudásotokat a nukleinsavak funkcióiról és tulajdonságairól.

Az élő szervezetekben nem csak a fehérjék játszanak különlegesen fontos szerepet, hanem a *nukleinsavak* is.

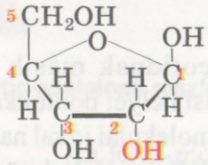
A nukleinsavak – nagymolekulájú természetes szerves vegyületek, amelyek tárolják és megújítják az élő szervezetekben az örökletes (genetikai) információt, emellett részt vesznek a fehérjeszintézisben.

Molekula-összetétel. Már tudjátok, a nukleinsavak természetes polimerek. A molekuláik sok ismétlődő, *nukleotidoknak* nevezett fragmentumokból állnak. Mindegyik nukleotidban három molekula – ortofoszforsav H_3PO_4, monoszacharid és nitrogén-

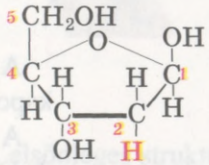
tartalmú vegyület – maradékai egyesülnek. Egyszerűsített formában ez így ábrázolható:



A nukleinsavaknak két csoportja létezik. Az egyik csoportba tartozó savak molekulái ribóz nevű ciklikus molekula-maradékokat tartalmaznak, a másik csoportba tartozók – dezoxiribóz molekula-maradékokat (203. old.). Ezeknek a monoszacharidoknak a képletei:



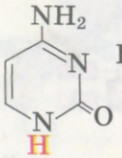
ribóz



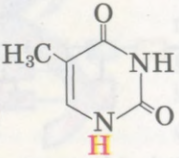
dezoxiribóz

A monoszacharidok elnevezéséből származnak a vizsgált vegyületek – *ribonukleinsavak* (rövidítve: RNS). *dezoxiribonukleinsav* (DNS) – nevei.

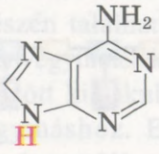
A DNS és RNS molekulái a bennük lévő nitrogéntartalmú vegyületek maradékait illetően is különböznek egymástól. A DNS molekula-összetételében citozin, adenin, guanin és timin molekulák maradékai, míg az RNS-ében citozin, adenin, guanin és uracil molekulák maradékai találhatók. Ezeknek a vegyületeknek a szerkezeti képletei (nem kell őket megjegyezni) a következők:



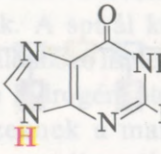
citozin (C)



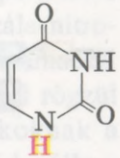
timin (T)



adenin (A)



guanin (G)

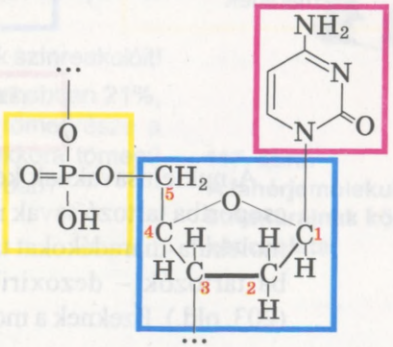


uracil (U)

Vörös színnel a hidrogénatomok vannak jelölve, amelyek hiányoznak ezekből a molekulákból a DNS-

ben és RNS-ben. A jelzett nitrogéntartalmú vegyületeket rövidítve nagy kezdőbetűikkel jelölik.

A DNS egyik nukleotidjának szerkezeti képlete:



A nukleotidnak másik két nukleotiddal való kapcsolódási helyei pontokkal vannak jelölve.

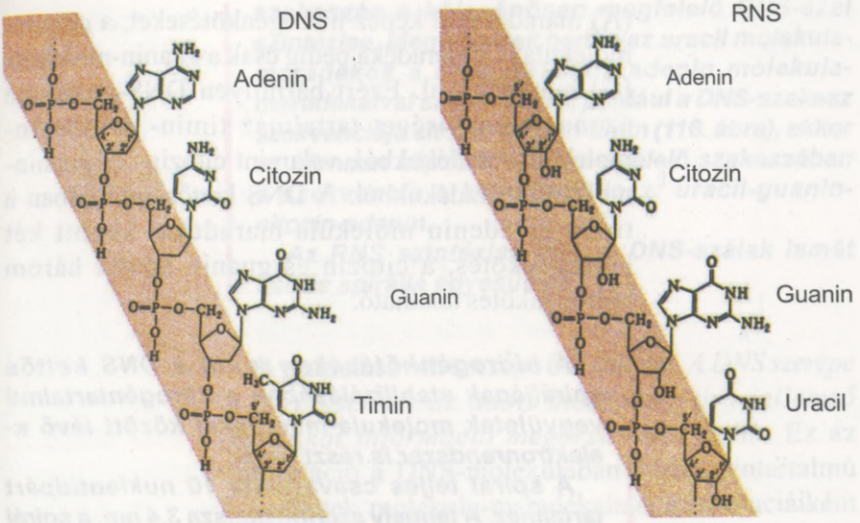
A DNS molekulái jóval nagyobbak, mint az RNS-é. A DNS relatív molekulatömegének nagysága több tízmilliótól több százmillióig terjed, miközben az RNS esetében 20 ezertől néhány millióig. Azonban RNS-molekulákból sokkal több van a szervezetben, mint DNS-molekulákból.

A nukleinsavak **molekuláinak térszerkezete** bizonyos fokig a fehérjemolekulák szerkezetére emlékeztet.

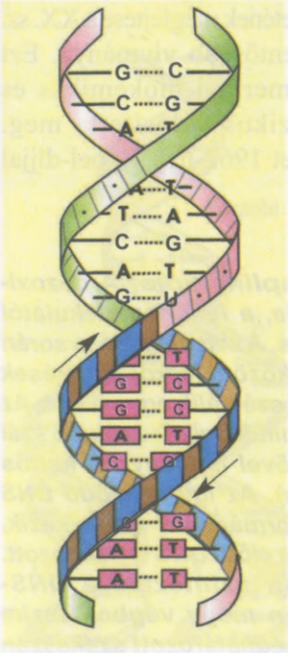
A DNS és RNS molekuláinak elsődleges struktúrája. A nukleinsavak elsődleges struktúráján a lánc vagy szál nukleotid-szekvenciáit értik. Ezt *nukleotidláncnak* nevezik. Kutatók kiderítették, hogy a nukleotidlánc nem elágazó szerkezetű:



A nukleotidok meghatározott sorrendben helyezkednek el a láncban. A monoszacharidok molekula-maradékait foszfáthidak kapcsolják össze (118. ábra).



118. ábra.
A DNS és RNS polinukleotid-szálainak részlete



119. ábra.
A DNS molekulájának másodlagos struktúrája

Az RNS-molekula elsődleges struktúrával rendelkezik, azonban a szakaszai, a hidrogénkötéseknek köszönhetően, másodlagos, sőt harmadlagos struktúrát képezve felcsavarodhatnak.

A DNS-molekula másodlagos struktúrája. A DNS-molekula nem más, mint a közös tengely körül ellenkező irányba csavarodó két polinukleotidszálból álló kettős spirál (119. ábra). A nitrogéntartalmú vegyületek molekula-maradékai a DNS-molekula belsejében. a tengelyre merőlegesen helyezkednek el, míg az ortofoszforsav és a dezoxiribóz molekula-maradékai a spirál külső részén találhatók. A spirál két szála nitrogénvegyületek különböző molekula-maradékai között kialakuló hidrogénkötésekkel rögzül egymáshoz. Ezeknek a maradékoknak a szekvenciája az egyik polipeptidszálban megfelel a másik szál szekvenciájának. Például az egyik szál timinmolekulájának (T) maradéka csak a másik szál adenin-molekulájának

(A) maradékával képez hidrogénkötéseket, a citozin-molekula (C) maradéka pedig csak a guanin-molekula (G) maradékával. Ezért bármilyen DNS-molekula azonos mennyiséget tartalmaz timin- és adenin-molekulamaradékokból, valamint citozin- és guanin-molekulamaradékokból. A DNS kettős spiráljában a timin és adenin molekula-maradékai között két hidrogénkötés, a citozin és guanin között három hidrogénkötés található.

A hidrogénkötéseken kívül a DNS kettős spiráljának stabilizálásában a nitrogéntartalmú vegyületek molekula-maradékai között lévő π-elektronrendszer is részt vesz.

A spirál teljes csavarulata 10 nukleotidpárt tartalmaz. A tengely szerinti hossza 3,4 nm, a spirál átmérője – mintegy 2 nm.

A DNS-molekula térszerkezetének megfejtése a XX. sz. tudományának egyik legjelentősebb vívmánya. Ezt 1953-ban James Watson amerikai biokémikus és Francis Crick angol biofizikus valósította meg. Tudományos teljesítményüket 1962-ben Nobel-díjjal ismerték el.

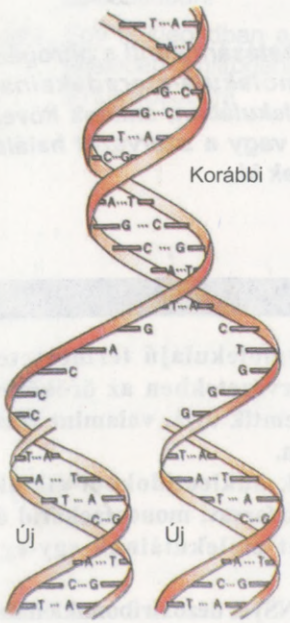
A DNS-molekula replikációja. ***A dezoxiribonukleinsav molekulája, a fehérjemolekulától eltérően, replikációra képes. A sejt osztódása során a DNS-molekula két szála közötti hidrogénkötések felhasadnak, és a két szál szétválik egymástól. Az egyszeressé vált két szál mindegyikéhez újabb szál „épül" hozzá, és az előzővel megegyező kettős spirál jön létre (120. ábra). Az így képződő DNS ugyanolyan örökletes információval rendelkezik, mint amilyet a sejtosztódás előtti DNS tartalmazott.***

Az RNS-molekula szintézise a DNS-molekula nukleotidszálán megy végbe. Enzim hatására a kettős spirál meghatározott szakaszán felhasadnak a hidrogénkötések és két különálló polinukleotidszál képződésével szétcsavarodik a spirál. Azonnal elkezdődik a DNS-szálnak ezen a

szakaszán a kölcsönösen megfelelő RNS-szál szintézise. Megjelennek benne az uracil molekula-maradékok a DNS-molekula adenin molekula-maradékaival szemközt. Ha például a DNS-szakasz szekvenciája citozin-guanin-timin (118. ábra), akkor az újonnan képződő RNS megfelelő szakaszában a szekvencia a következő lesz: uracil-guanin-citozin-adenin.

Az RNS szintézise után a DNS-szálak ismét kettős spirállá egyesülnek.

A nukleinsavak szerepe és funkciói. *A DNS szerepe a szervezetben az adott biológiai fajra jellemző genetikai információ megőrzésében rejlik.* Ez az információ a DNS-molekulában a nitrogéntartalmú vegyületek molekula-maradékainak szekvenciáiként van kódolva, és a fehérje-, valamint ribonukleinsavak szintéziséhez szolgál alapul.



120. ábra.
A DNS-molekula szétválása és replikációja

Az örökletes vagy genetikai információ alapegysége a gén. Ez nem más, mint a DNS-molekulának a fehérjék aminosavmaradék-szekvenciáját kódoló szakasza.

Az RNS szervezetben játszott szerepének a lényege a fehérjeszintézis megvalósítása.

Funkcióiktól függően a ribonukleinsavak három típusát különböztetik meg: *információs* (vagy *mátrix*), *szállító* és *riboszómás* RNS-t.

Az információs RNS a DNS-molekula bizonyos szakaszát másolja, és alapul (mátrixul) szolgál a fehérje bioszintéziséhez. Ennek a szakasznak a nukleotid-szekvenciája megfelel az aminosav-maradékok szekvenciájának a fehérjemolekulában. (Ezen alapul az, hogy a DNS felel a szervezetre jellemző fehérjestruktúráért (fehérjeszerkezetért).

Ezt a szekvenciát (kódot) fejti meg a szállító RNS, amely az aminosav-molekulákat szállítja a fehérjeszintézis helyére. Minden aminosavnak saját szállító RNS-e van. A riboszómás RNS a fehérje-bioszintézisben vesz részt.

A nukleinsavak tulajdonságai. A DNS és RNS szilárd, a vízben kolloid oldatok képződésével oldódó anyagok. Melegítés hatására ezekből az oldatokból kicsapódnak a nukleinsavak, amelyek ekkor denaturálódnak és elvesztik biológiai aktivitásukat.

Annak köszönhetően, hogy a DNS- és RNS-molekulákban ortofoszforsav-maradékok vannak, ezek a vegyületek sók képződésével reagálnak a lúgokkal.

A nukleinsavak enzimek hatására és savas, valamint lúgos közegben hidrolizálnak. Ekkor felhasadnak a nukleotidok közötti kötések, és megfelelő nitrogéntartalmú vegyületek (savas közegben – ezek sói), szénhidrátok és ortofoszforsav (lúgos közegben – ortofoszfátok) képződik.

Radioaktív sugárzás hatására sérül a nitrogéntartalmú vegyületek molekula-maradékainak szekvenciája a DNS-molekulában, aminek következtében betegségeket vagy a szervezet halálát okozó mutációk alakulnak ki.

ÖSSZEGEZÉS

A nukleinsavak – nagymolekulájú természetes vegyületek, amelyek a szervezetekben az örökletes információt tárolják és teremtik újjá, valamint részt vesznek a fehérjeszintézisben.

A nukleinsav-molekulák nukleotidokból állnak, amelyek mindegyike ortofoszforsav, monoszacharid és nitrogéntartalmú vegyület molekuláinak egy-egy maradékát tartalmazza.

Létezik ribonukleinsav (RNS) és dezoxiribonukleinsav (DNS). A DNS-molekula a közös tengely köré felcsavarodó két spirál alakú polinukleotid-szálból, az RNS-molekula egy szálból áll.

A DNS biológiai szerepe a szervezetben az örökletes információ megőrzésében, az RNS-é a fehérjék szintézisének biztosításában áll.

?

316. Milyen vegyületeket nevezünk nukleinsavaknak?
317. Mi a nukleotid?
318. Nevezzétek meg a DNS- és RNS-molekulák összetételével kapcsolatos fő különbségeket!
319. Jellemezzétek a DNS- és RNS-molekulák térszerkezetét!
320. Milyen funkciókat látnak el a szervezetben a nukleinsavak?
321. Jellemezzétek a nukleinsavak tulajdonságait!
322. Miben különböznek és miben hasonlítanak a fehérjék és a nukleinsavak?
323. Számítsátok ki a nitrogén és a foszfor tömegrészeit a 260. oldalon látható nukleotidban!
324. Egy nukleotidban a nitrogén tömegrésze 21,3%. A nukleotid összetételében öt nitrogénatom található. Számítsátok ki a foszfor tömegrészét a nukleotidban!

6. rész

Szintetikus nagymolekulájú szerves vegyületek

A keményítő, cellulóz, fehérjék és nukleinsavak – *természetes nagymolekulájú vegyületek*. Az élő szervezetekben képződnek és nagyszámú azonos vagy különböző atomcsoportból felépülő molekulákból állnak. Sok más hasonló molekulaszerkezettel rendelkező vegyületet kémiai reakciókkal állítanak elő (köztük a jól ismert polietilént). Az ilyen anyagokat *szintetikus nagymolekulájú vegyületeknek* nevezzük. Ebben a részben ezekről lesz részletesen szó.

38. A szintetikus nagymolekulájú szerves vegyületek általános jellemzése

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- megtanuljátok a szintetikus nagymolekulájú szerves vegyületek csoportosítását;
- megismerjétek ezeknek a vegyületeknek a tulajdonságait.

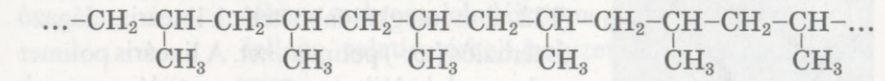
A szintetikus nagymolekulájú szerves vegyületek képezik a műanyagok, műrostok, gumi alapját. Egyes tulajdonságaikat tekintve ezek az anyagok jobbak, mint a hagyományos fa, kerámia, üveg, fémötvözetek. Mindannyian használunk a mindennapokban szintetikus anyagokat (121. ábra).



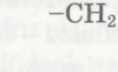
121. ábra. Szintetikus nagymolekulájú szerves vegyületekből előállított anyagok

A szintetikus nagymolekulájú szerves vegyületek között a legszélesebb körben használt anyag a polietilén, polipropilén, polisztirol. Ezeknek és a hozzájuk hasonló anyagoknak a gyűjtőneve – *polimerek*. (Sokszor minden szintetikus nagymolekulájú szerves vegyületet polimernek neveznek.)

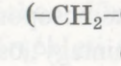
A polimerek szerkezete. A polietilénnel és polipropilénnel a telítetlen szénhidrogének kémiai tulajdonságainak a tanulása során megismerkedtetek (76. old.). Ezek a vegyületek makromolekuláknak nevezett igen hosszú molekulákból állnak. Alább a polipropilén egy szakaszának szerkezete látható:



Ebben sokszor ismétlődő atomcsoport – *szerkezeti láncszem* – található:



A szerkezeti láncszemek számát a polimer makromolekulájában *polimerizációs foknak* nevezzük és *n* betűvel jelöljük. A propilén makromolekulájának – akárcsak magának a polimernek – a képletét a következőképpen írjuk:



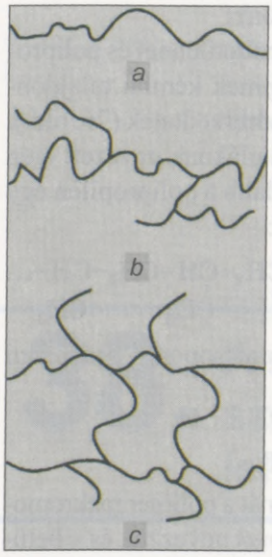
A vegyületet, amelynek a molekulájából a polimer szerkezeti láncszeme származik, *monomernek* nevezzük. A polipropilén monomerje a propén $CH_2=CH-CH_3$.

▶ Írjátok le a polietilén szerkezeti lácszemének és monomerjének a képleteit!

Minden polimerben különböző hosszúságú, vagyis különböző tömegű makromolekulák találhatók, ezért az ilyen vegyületek jellemzésére az *átlagos molekulatömeget* alkalmazzák. Ezt ugyanúgy jelölik, mint a relatív molekulatömeget, és az alábbi képlet szerint számítják ki:

$$M_r \text{ (polimer)} = n \cdot M_r \text{ (szerkezeti láncszem)},$$

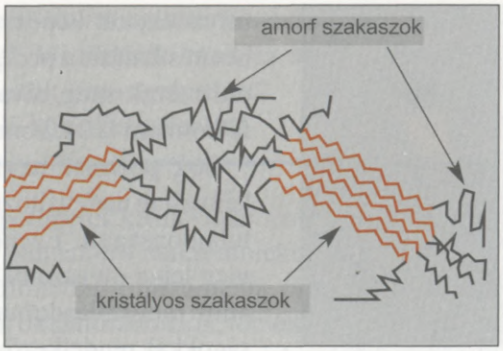
ahol n – az adott polimer polimerizációs fokának átlagértéke. Az átlagos molekulatömeg dimenzió nélküli érték. A különböző polimerek esetében az értéke zömmel néhány ezertől több tízmillióig terjed.



122. ábra.
A makromolekulák szerkezete:
***a* – lineáris;**
***b* – elágazó;**
***c* – hálózatos**

▶ Számítsátok ki a polietilén átlagos molekulatömegét, ha polimerizációs foka 5000.

A makromolekulák szerkezetüktől függően (122. ábra) megkülönböztetnek lineáris, elágazó és térhálós (tér-) polimereket. A lineáris polimer makromolekuláiban a szerkezeti láncszemek nem elágazó láncokká kapcsolódnak össze. Ilyen szerkezetük van a természetes polimerek – cellulóz – és szintetikus polimerek – polietilén, polipropilén – molekuláinak. Az elágazó polimerekre (ilyen az amilopektin) az jellemző, hogy makromolekuláinak több elemi láncszemből álló oldalágai vannak. A térhálós polimereknek háromdimenziós szerkezetük van. A szálaikat vagy láncaikat egyes atomok vagy atomcsoportok kovalens kötések segítségével mintegy „összevarrják". Ennek köszönhetően az



123. ábra.
Kristályos és amorf szakaszok a polimerben

egész anyag egy gigantikus molekula. Ilyen polimer példái a fenolformaldehid-gyanták (40. §).

A szilárd halmazállapotú polimerek egyes szakaszain lehetnek rendezett helyzetű, más szakaszain rendezetlen elhelyezkedésű makromolekulák (123. ábra). Az ilyen anyagok jellemzésére a *kristályossági fok* fogalmat használják (az anyagnak a rendezett helyzetű makromolekulákat tartalmazó részét jelöli). Ha a kristályosság foka például 90%, akkor a polimert kristályosnak, ha – 10%, úgy amorfnak nevezik. A lineáris polimerek között vannak mind kristályosak, mind amorfak, míg a hálózatos szerkezetű polimerek nagyrészt amorfak.

A polimerek **fizikai tulajdonságait** jelentős mértékben makromolekuláik tömege, hossza, elágazódási jellege, relatív térbeli helyzete alapján határozzák meg.

Rendszerint a polimerek vízben oldhatatlanok, a hálózatos szerkezetűek még szerves oldószerekben sem oldódnak. A lineáris makromolekulákból felépülő polimerek lassan oldódnak egyes szerves oldószerekben, és viszkózus oldatokat képeznek.

A térhálós polimerek szilárdabbak, mint a lineáris polimerek.

A polimerek többsége esetében nem létezik meghatározott forrás- és olvadáspont. A lineáris polimerek melegítéskor először meglágyulnak, majd bizonyos hőmérsékleti tartományban viszkózus



124. ábra.
Polimer hőbontása

folyadékokat képezve megolvadnak, további hevítés hatására pedig elbomlanak. A térhálós polimerek még olvadásuk előtt elkezdenek felbomlani (124. ábra).

Sok polimer hevítés, majd lehűtés után kémiailag nem változik meg, és megőrzi fizikai tulajdonságait. Ezeket az anyagokat sokszor meg lehet olvasztani, és formába lehet önteni, ahol megszilárdulnak. A hasonló tulajdonságokkal rendelkező polimereket *termoplasztikus* polimereknek nevezzük. Hozzájuk sorolják a polietilént, polipropilént. Termoplasztikus polimerekből préseléssel, kinyomással, öntéssel különböző rendeltetésű termékeket állítanak elő. A *termoreaktív* (hőre keményedő) polimerek hevítés után elveszítik plasztikusságukat és szerves oldószerekben való oldódási képességüket. Ez annak a következménye, hogy a makromolekulákban visszafordíthatatlan változások mennek végbe pótlólagos kovalens képződése és térhálós szerkezet kialakulása miatt. A termoreaktív polimerek a fenolformaldehid-gyanták.

21. SZ. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET

A termoplasztikus és termoreaktív polimerek összehasonlítása

Helyezzetek kis adag termoplasztikus polimert kis porcelán tégelybe. Ezt helyezzétek a laboratóriumi állvány gyűrűjére, és hevítsétek az anyagot olvadásig. Azt követően, hogy a polimer megolvadt, fogjátok meg a tégelyt kémcsőfogóval, és öntsétek ki belőle az olvadékot kerámialapra (vagy egy másik porcelán tégelybe), hogy lehűljön. Mi figyelhető meg? Megváltozott-e a vegyület színe a hevítés és lehűtés után?

Ismét hevítsétek fel a polimert és hűtsétek le!

Hasonló módon vizsgáljátok meg a termoreaktív polimer hevítéssel kapcsolatos viselkedését[1]. Mi történik ezzel az anyaggal a hőmérséklet emelkedésekor? Tapasztaltok-e anyagolvadást?

Vonjátok le a megfelelő következtetéseket!

A polimerek kémiai tulajdonságait az határozza meg, hogy vannak-e a makromolekuláikban többes kötések és különböző funkcionális csoportok. Sok polimer reagál oxidálószerekkel, tömény sav- és lúgoldatokkal. A polietilén és polipropilén jelentős kémiai inaktivitást mutat (magyarázzátok meg, miért).

A polimerek termikusan instabil vegyületek. A polietilén bomlási reakcióját

$$(-CH_2-CH_2-)_n \xrightarrow{t} nCH_2=CH_2\uparrow$$

az etén laboratóriumi előállítására és tulajdonságainak a bemutatására alkalmazzák.

ÖSSZEGEZÉS

Azokat az anyagokat, amelyek molekulái nagyszámú egyforma vagy különböző atomcsoportokból épülnek fel, nagymolekulájú vegyületeknek vagy polimereknek nevezzük.

A polimer makromolekulája szerkezeti láncszemekből áll; ezek mennyiségét polimerizációs foknak nevezzük. A monomer olyan vegyület, amelytől a polimer származik. A polimer egyik jellegzetessége – átlagos molekulatömege.

A makromolekulák szerkezete szerint megkülönböztetnek lineáris, elágazó és térhálós polimereket, kristályossági fokuk szerint – kristályos és amorf, a hevítéssel kapcsolatos viselkedés szerint – termoplasztikus és termoreaktív polimereket.

A polimerek fizikai tulajdonságai makromolekuláik tömegétől, elágazási fokától és relatív térbeli helyzetétől

[1] Ezt a műveletet működő vegyi fülkében kell végezni.

függnek. A kémiai tulajdonságaikat a többes kötések és különböző funkcionális csoportok megléte határozza meg.

?

325. Milyen vegyületeket nevezünk nagymolekulájúaknak?
326. Hogyan csoportosítják a polimereket, és milyen jellegzetességeket használnak ehhez?
327. Mi a közös és az eltérő a propilén molekulájában és a polipropilén szerkezeti láncszemében?
328. Az anyag milyen tulajdonságát nevezik plaszticitásnak?
329. Miben különböznek egymástól a lineáris, elágazó és térhálós, kristályos és amorf, termoplasztikus és termoreaktív polimerek?
330. Miért nevezik a polimer molekulatömegét átlagosnak?
331. Milyen előnyei és hiányosságai vannak a fémből és polimerből készült termékeknek?
332. A polipropilén minta átlagos molekulatömege 21 000. Számítsátok ki ennek a polimernek a polimerizációs fokát!

39. Nagymolekulájú vegyületek előállítása

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- felidézzétek a polimerizációs reakció lényegét;
- megismerkedjetek a polikondenzációs reakciókkal.

Nagymolekulájú vegyületeket *polimerizációs* és *polikondenzációs* reakciók megvalósításával állítanak elő.

Polimerizációs reakció – olyan polimerképző reakció, amely a monomer molekuláknak a π-kötések felhasadásával[1] lehetővé váló egymás utáni összekapcsolódását eredményezi.

[1] Vagy a ciklus (gyűrű) szétnyílásával.

Polimerizációs reakció

$nA = B \rightarrow (- A - B -)_n$

monomer polimer

Olyan polimerizációs reakciók általános vázlatai, amelyekben szénhidrogének és molekuláikban kettős kötéseket tartalmazó származékaik vesznek részt:

$$CH_2{=}\underset{\displaystyle X}{\underset{|}{CH}} + CH_2{=}\underset{\displaystyle X}{\underset{|}{CH}} + CH_2{=}\underset{\displaystyle X}{\underset{|}{CH}} + CH_2{=}\underset{\displaystyle X}{\underset{|}{CH}} + \ldots \rightarrow$$

$$\rightarrow \ldots{-}CH_2{-}\underset{\displaystyle X}{\underset{|}{CH}}{-}CH_2{-}\underset{\displaystyle X}{\underset{|}{CH}}{-}CH_2{-}\underset{\displaystyle X}{\underset{|}{CH}}{-}CH_2{-}\underset{\displaystyle X}{\underset{|}{CH}}{-}\ldots,$$

$$\text{vagy } n\,CH_2{=}\underset{\displaystyle X}{\underset{|}{CH}} \rightarrow (-CH_2{-}\underset{\displaystyle X}{\underset{|}{CH}}{-})_n,$$

ahol X – H (a monomer – etilén, a polimer – polietilén), Cl (vinilklorid, polivinilklorid), CH_3 (propilén, polipropilén), C_6H_5 (sztirol, polisztirol)[1].

▶ Állítsátok össze a vinilklorid polimerré való alakulásának vázlatát!

A polimerizációs reakcióban két vegyület (két monomer) vehet részt. Ebben az esetben *kopolimer* képződik.

Polikondenzációs reakció – olyan polimerképző reakció, amely a monomer molekulák funkcionális csoportjainak víz, ammónia vagy más kismolekulájú vegyületek fejlődése melletti kölcsönhatása következtében megy végbe.

A polikondenzációs reakcióval egyidejűleg lépnek kölcsönhatásba egymással a monomer különböző funkcionális csoportjai. Ilyen csoportból minden molekulában legalább kettőnek kell lennie. Térhálós polimer előállítása céljából három vagy több funkcionális csoporttal rendelkező monomert kell venni.

Polikondenzációs reakció

monomer $\xrightarrow[-H_2O]{}$ polimer

(vagy más)

A polikondenzáció lépcsőzetes folyamat. Először két monomer-molekula lép kölcsönhatásba, ami nyomán dimer képződik, majd a dimer-molekulák reagálnak egymással stb.

[1] A monomerek esetében a triviális elnevezés van feltüntetve.

Megvizsgáljuk az etilénglikol polikodenzációs reakciójának vázlatát:

$$HO-CH_2-CH_2-OH + HO-CH_2-CH_2-OH \xrightarrow[-H_2O]{k} \rightarrow HO-CH_2-CH_2-O-CH_2-CH_2-OH;$$

dimer

$$HO-CH_2-CH_2-O-CH_2-CH_2-OH + HO-CH_2-CH_2-O-CH_2-CH_2-OH \xrightarrow[-H_2O]{k}$$

dimer dimer

$$\rightarrow HO-CH_2-CH_2-O-CH_2-CH_2-O-CH_2-CH_2-O-CH_2-CH_2-OH \text{ ; stb.}$$

tetramer

$$n\,HO-CH_2-CH_2-OH \xrightarrow[-nH_2O]{k} (-O-CH_2-CH_2-)_n.$$

etilénglikol polietilénglikol

Könnyen arra a következtetésre juthatunk, hogy a polikondenzációs reakció termékeként létrejövő polimer makromolekulájának tömege kisebb a monomer-molekulák össztömegénél.

A polikondenzációs reakcióban két vagy több monomer vehet részt. Ilyen kölcsönhatás példája polipeptid képződése több aminosavból.

ÖSSZEGEZÉS

Nagymolekulájú vegyületek polimerizációs és polikondenzációs reakciókkal állíthatók elő.

A polimerizációs reakció során a monomer-molekulák összekapcsolódása a π-kötések felhasadása következtében megy végbe, míg a polikondenzációs reakcióban a monomer funkcionális csoportjainak kölcsönhatása nyomán valósul meg.

?

333. Nevezzétek meg és jellemezzétek azokat a reakciótípusokat, amelyekkel szintetikus nagymolekulájú vegyületek állíthatók elő!

334. A monomer összetételének és szerkezetének milyen sajátosságai határozzák meg, hogy részt vehet az alábbi reakciókban:

a) polimerizáció;
b) polikondenzáció?

335. Nevezzétek meg azokat a monomereket, amelyekből a következő képletekkel rendelkező polimerek képződnek:

a) $(-CH_2-CH_2-)_n$; b) $(-CH_2-\underset{Cl}{CH}-)_n$; c) $(-CH_2-\underset{C_6H_5}{CH}-)_n$.

336. Mely vegyületek léphetnek polimerizációs, s melyek polikondenzációs reakcióba:

a) propén;
b) aminoetán-sav;
c) tetrafluoretén?

Feleleteteket támasszátok alá a megfelelő reakciók vázlataival!

337. Állítsátok össze az etilénglikol és adipinsav $HOOC-(CH_2)_4-COOH$ részvételével lezajló reakció vázlatát!

338. Hány peptidcsoportot tartalmaz az aminosav polikondenzációs termékében, ha a következők képződtek: a) 3 mol víz; b) 3 g víz?

339. A monomermolekula két szénatomból és két halogén atomjaiból áll. A szén tömegrésze a vegyületben 20,6%, a klóré – 30,47%. Nevezzétek meg a polimerizációja során képződő vegyületet!

40. Műanyagok. Polimerek – a műanyagok alapanyagai

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- elképzelést alkossatok a műanyagokról;
- megismerkedjetek a műanyaggyártás alapjául szolgáló legfontosabb polimerekkel;
- kiderítsétek, milyen haszna és kára van a műanyagok használatának.

Műanyagok. Civilizációnk fejlődésének egy pontján kiderült, hogy a természetes anyagok már nem tudják kielégíteni az emberek növekvő szükségleteit. Ehhez hozzájárult az is, hogy a természetes anyagok forrásai korlátozottak bolygónkon. Ezért a XX. sz. második felében intenzív kutatások kezdődtek, amelyek anyagoknak szintetikus polimerekből való előállítására

irányultak. A vegyészek új nagymolekulájú vegyületek szintézisébe, tulajdonságaik vizsgálatába és a polimer anyagok előállítását és ipari gyártását lehetővé tévő technológiák kidolgozásába és rendszeresítésébe kezdtek.

Tulajdonságaikat tekintve a polimer anyagok több hasznos sajátosságban is különböznek a természetes anyagoktól. Például tartósabbak, mert nem korrodálnak, kicsi a sűrűségük, elegendő szilárdsággal rendelkeznek. Könnyen alakíthatók, megmunkálhatók, színezhetők.

Számos polimerből gyártanak *műanyagokat*.

A műanyagok polimerekből gyártott anyagok, amelyek a melegítésük és ezt követő lehűlésük után is megtartják alakjukat.

A polimereken kívül a műanyagok a tulajdonságaikat javító, az agresszív vegyi közeggel és a környezet hatásaival szembeni ellenállóképességüket fokozó különféle adalékokat tartalmaznak. Műanyagadalékokként összedarált fát, krétát, grafitot, aprított papírt, kormot, különféle rostokat használnak. A polimerek a megfelelő műanyagokban kötőelemekként szolgálnak. Ha a monomerhez olyan vegyületet adnak, amely hevítéskor gáz fejlődése mellett elbomlik, akkor a kapott polimer megszilárdult hab alakú lesz (az ilyen anyagot habszivacsnak is nevezik). A plasztifikátoroknak nevezett adalékok plasztikusságot kölcsönöznek a polimernek.



125. ábra.
Polietilén

A polimerek – a műanyagok alapanyagai. Megvizsgáljuk a műanyagok összetételét képező legfontosabb polimereket. Közülük többel a 9. osztályos kémia tanulása vagy mindennapi használatuk során már megismerkedtetek.

Polietilén. Színtelen vagy fehér, félig átlátszó, külsőleg paraffinra emlékeztető polimer (125. ábra). A polietilén mechanikai és fizikai tulajdonságai attól függnek,



126. ábra.
A polietilén felhasználása

hogy milyen feltételek mellett valósították meg a polimerizációs reakciót[1]:

$$n CH_2{=}CH_2 \xrightarrow{t, p, k} (-CH_2-CH_2-)_n.$$

A polietilénre nem hat a víz, a savoldatok (a tömény salétromsavat leszámítva), lúgoldatok, zsírok, olajok. Azonban ez a polimer nem ellenálló a halogénekkel szemben, melegítés hatására oldódik a cseppfolyós szénhidrogénekben és halogénszármazékaikban, ég a levegőn.



127. ábra.
Teflonbevonatú serpenyő

A polietilén – termoplasztikus polimer. Vízvezeték- és csatornacsöveket, csomagoló-fóliát, göngyöleganyagokat, közhasználati cikkeket, szerves savak és lúgok tárolására szolgáló edényeket gyártanak belőle (126. ábra). Elektromos és hőszigetelő anyagokat is készítenek belőle. A polietilén készítmények fagyállók, de nem bírják a 60–100 °C fölé történő hevítést.

A politetrafluor-etilén $(-CF_2-CF_2-)_n$ vagy teflon a polietilénre hasonlít. Magas fokú a vegyállósága, nem oldódik és nem duzzad meg semmilyen oldószerben. A polietiléntől eltérően a teflon nem éghető polimer; elég magas hőmérsékletet kibír (127. ábra).

[1] Megkülönböztetnek nagy és kis nyomáson előállított polietilént. Az alacsony nyomáson gyártott polimernek valamivel nagyobb a sűrűsége, kristályossági foka eléri a 90%-ot.

A polipropilén nem külsőleg emlékeztet a polietilénre, hanem tulajdonságainak a többségét illetően is. Lineáris szerkezetű, termoplasztikus polimer. A polipropilént, a polietilénhez hasonlóan, polimerizációs reakcióval állítják elő:

$$n\mathrm{CH_2{=}\underset{\displaystyle \mathrm{CH_3}}{\underset{|}{CH}}} \xrightarrow{t,\,p,\,k} (-\mathrm{CH_2}-\underset{\displaystyle \mathrm{CH_3}}{\underset{|}{CH}}-)_n .$$

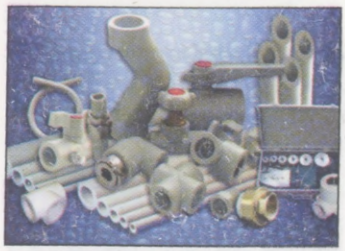
A szerkezeti láncszemek a polipropilén makromolekulájában lehetnek egy irányba vagy tetszőlegesen orientáltak (267. old.):

$$\ldots\text{-}\mathrm{CH_2}-\underset{\displaystyle \mathrm{CH_3}}{\underset{|}{CH}}-\underset{\displaystyle \mathrm{CH_3}}{\underset{|}{CH}}-\mathrm{CH_2}-\mathrm{CH_2}-\underset{\displaystyle \mathrm{CH_3}}{\underset{|}{CH}}-\mathrm{CH_2}-\underset{\displaystyle \mathrm{CH_3}}{\underset{|}{CH}}-\ldots$$

A molekuláikban rendezett elhelyezkedésű metilmaradékokat tartalmazó polipropilén – rostos kristályokból áll, 160 – 176 °C olvadási hőmérsékleti tartománnyal, míg a molekula-maradékok kaotikus elhelyezkedése esetén – viszkózus folyadék.

Az iparban túlnyomórészt olyan polimereket állítanak elő, amelyekben rendezett a molekulák elhelyezkedése.





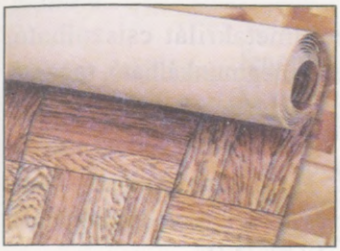
128. ábra.
A polipropilén felhasználása

A polipropilént rostok, csövek, csomagoló-fólia, göngyöleg, műszeralkatrészek, háztartási használati eszközök, játékok és egyszer használatos edények, valamint szigetelőanyagok gyártására használják (128. ábra). A polipropilénből gyártott készítmények fokozott szilárdsággal és kopásállósággal rendelkeznek.

A ***polivinilklorid*** $(-\mathrm{CH_2}-\underset{\displaystyle \mathrm{Cl}}{\underset{|}{CH}}-)_n$ szilárd anyag, ellenálló sav- és lúgoldatokkal, a szerves oldószerek többségének hatásával szemben. Ha 110 °C-nál magasabb hőmérsékletre hevítik, klórhidrogén fejlődésével elbomlik.

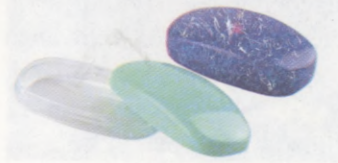
A polivinilklorid termoplasztikus polimer. Műbőr, linóleum, csövek, rostok, göngyöleg, alkatrészek és elektromos





129. ábra.
A polivinilklorid felhasználása





130. ábra.
A polisztirol felhasználása

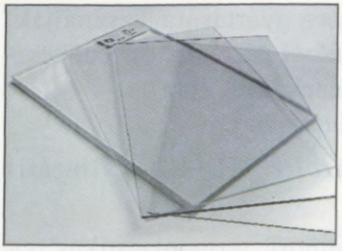
szigetelőanyag gyártására használják. Polivinilkloridból csizmákat és védőkesztyűket készítenek (129. ábra).

A ***polisztirol*** $(-CH_2-\underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{|}{CH}}-)_n$ lineáris szerkezetű, amorf, termoplasztikus polimer. Nem reagál híg lúg- és savoldatokkal, oldódik egyes szerves oldószerekben. A polisztirolt bármilyen alakzatban és színben ki lehet önteni, könnyen ragasztható és megmunkálható. Ennek a polimernek az a negatív tulajdonsága, hogy nem nagy a szilárdsága és hőállósága.

A polisztirolból és habpolisztirolból készült termékeket széleskörűen alkalmazzák a háztartástechnikában, elektronikában, építőiparban, orvoslásban. Ebből a polimerből hang- és hőszigetelő, burkoló és díszítő lapokat,orvosi műszerek és vérátömlesztéshez használt eszközök-alkatrészeit, egyszer használatos és élelmiszertároló edényeket, gyermekjátékokat, mentőöveket, bójákat, bukósisakokat készítenek (130. ábra).

A polisztirol hiányossága a gyúlékonyság és törékenység. A belőle készült lapok lassan kis mennyiségű sztirolt (másik elnevezése: sztirén) $C_6H_5-CH=CH_2$ –, a szervezetben felhalmozódni képes toxikus anyagot választanak ki. Ezenkívül a habpolisztirol könnyen gyullad, és a szervezetekre nézve káros fekete füstöt árasztva ég.

A ***polimetilmetakrilát*** szerves vagy plexiüvegként ismert. Átlátszó, könnyű, szilárd, nedvesség-, fagy- és fényálló. Nem



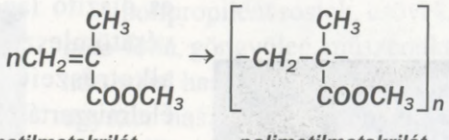


131. ábra.
A polimetilmetakrilát és alkalmazása

oldódik alkoholban, de oldódik benzénben, acetonban, ecetsavban. Nem hatnak rá savak és lúgok híg oldatai. Ha 120 °C fölé melegítik, a polimetilmetakrilát meglágyul, ha meggyújtják könnyen lángra lobban, de más polimerektől eltérően, nem képez toxikus anyagokat.

A polimetilmetakrilát csiszolható, mechanikailag megmunkálható, ragasztható. Ütésre kisebb darabokra törik szét, ezért üveg helyett közlekedési eszközökben(131. ábra), műszerekben, haditechnikában és akváriumok díszlapjainak a gyártására használják.

A polimetilmetakrilát a metakrilsav-metilészter $H_2C=C(CH_3)–COOH$ polimerizációjakor képződik:



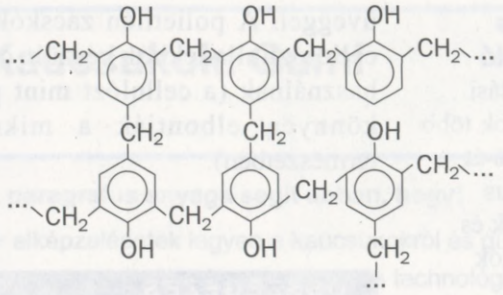
metilmetakrilát *polimetilmetakrilát*

A fenolformaldehid polimerek (gyanták) – az első olyan szintetikus polimerek, amelyek széles körű alkalmazásra találtak. A fenol C_6H_5OH polikondenzációjával állítják elő formaldehiddel HCHO. A feltételektől függően a keletkező anyagok és a katalizátor természetének kölcsönös arányában vagy termoplasztikus, vagy termoreaktív polimerek képződnek (132. ábra).

A fenolformaldehid polimerek a fenoplasztok alapját képezik. Ezek hőálló, vízben és szerves oldószerekben oldhatatlan anyagok. Belőlük elektromos berendezések alkatrészeit és háztartási eszközöket készítenek. A

Érdekes tudnivaló

A szerves üveg majdnem 2,5-szer könnyebb, mint a valódi.



132. ábra.
A fenolformaldehid polimer makromolekulájának részlete

fenoplasztok és a famegmunkálás melléktermékeinek keverékét burkolólapokként és bútorok készítésére használják. A fenoplasztok töltelékanyagaként szolgál a gyapotrost és a kaolin. A fenolformaldehid polimerekből igen nagy szilárdságú, a polimeren kívül üvegrostokat vagy üvegszövetet tartalmazó üvegszálas anyagokat állítanak elő.

Egyes fenoplasztok hiányossága, hogy kis mennyiségű toxikus anyagot választanak el.

Polimerhulladékok és a környezet. Az utóbbi évtizedekben egyre több polimer fólia és elhasznált műanyagtermék kerül a környezetbe (133. ábra). A természet nem képes lebontani ezeket a hulladékokat. A hasznosításuk megoldásra váró időszerű környezeti probléma.

A fejlett országokban az elhasznált polimerek és műanyagok egy részét beolvasztják és ismét fóliát, csomagolóanyagokat, göngyöleget, különféle használati eszközöket készítenek belőlük, míg a fennmaradó részt szerves vegyületek, éghető gázkeverékek előállítása céljából krakkolják. Néha a polimermaradékokat darálják és építőanyagokhoz adják adalékként. Egyes műanyaghulladékok elégetésével hőenergiát termelnek. Ukrajnában az elhasznált polietilénből fóliát gyártanak a mezőgazdaság számára. A polimer pillepalackokat egyre gyakrabban váltják fel többször használható és könnyen hasznosítható



133. ábra.
Illegális szemétlerakóhely

Érdekes tudnivaló

A háztartási hulladékok több mint 10%-át szintetikus polimerek és műanyagok teszik ki.

üveggel. A polietilén zacskók helyett papír vagy cellulózhulladékból készült csomagolóanyagokat használnak (a cellulózt mint polimert viszonylag könnyen elbontják a mikroorganizmusok a természetben).

ÖSSZEGEZÉS

A műanyagok polimer alapon gyártott anyagok, amelyek a melegítés, majd azt követő lehűlés után megtartják az alakjukat. A műanyagok különféle, a tulajdonságaikat javító adalékokat tartalmaznak.

A polietilén, polipropilén, polivinilklorid, polisztirol, polimetilmetakrilát – termoplasztikus polimerek, míg a fenolformaldehid polimerek lehetnek termoplasztikusak és termoreaktívak.

A polimerekből készült termékeket széleskörűen alkalmazzák a háztartásokban, technikában, építőiparban, gyógyításban és más területeken.

A környezet szintetikus polimerek által okozott, egyre növekvő szennyeződése komoly környezetvédelmi problémává vált.

?

340. Milyen polimerek képezik a műanyagok alapját? Írjátok le a képleteiket!
341. Hogyan hat a polimer szerkezete a tulajdonságaira?
342. Nevezzétek meg a széleskörűen használt műanyagok hasznát és hiányosságait!
343. Javasoljatok módszereket az elhasznált polietilén fólia hasznosítására!
344. Írjátok fel a következő anyagok polimerizációs reakcióinak az egyenleteit: a) klóretén; b) sztirén!
345. A polivinilacetát (az üzletekben kapható PVA ragasztók alkotórésze) összetétele a következő képlettel ábrázolható: $(-CH_2-\underset{\displaystyle X}{\underset{|}{CH}}-)_n$, ahol X – a CH_3COO–csoport. Írjátok le az ezen polimer képződésével járó polimerizációs reakció vázlatát!
346. Számítsátok ki a polivinilkloridban lévő elemek tömegrészét!

41. Kaucsukok. Gumi

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- elképzelésetek legyen a kaucsukokról és gumiról;
- megismerkedjetek a gumigyártás technológiájával;
- megismerjétek a kaucsukok tulajdonságait és alkalmazási területüket;
- megismerjétek a gumihulladékok hasznosításának módjait.

A **kaucsukok** – növényi eredetű vagy szintetikus polimerek, belőlük készítik a gumit.

A kaucsukok jellegzetessége a nagyfokú elasztikusság, azaz a deformálódás utáni alakvisszanyerés képessége. Azonban hevítés vagy –50 °C alá történő hűtés hatására elvesztik ezt a tulajdonságukat. A kaucsukok vízhatlanok, kopásállók, jó elektromos szigetelőképességekkel rendelkeznek.

A kaucsukok többsége az alkadién szénhidrogének és származékaik polimerjei (minden ilyen vegyület molekuláiban két kettős kötés van a szénatomok között).

A kaucsuk képződésének általános vázlata:

$$CH_2{=}\underset{\displaystyle Y}{\underset{|}{C}}{-}CH{=}CH_2 + CH_2{=}\underset{\displaystyle Y}{\underset{|}{C}}{-}CH{=}CH_2 + \ldots \rightarrow$$

$$\rightarrow \ldots{-}CH_2{-}\underset{\displaystyle Y}{\underset{|}{C}}{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}\underset{\displaystyle Y}{\underset{|}{C}}{=}CH{-}CH_2{-}\ldots,$$

$$\text{vagy } n\,CH_2{=}\underset{\displaystyle Y}{\underset{|}{C}}{-}CH{=}CH_2 \rightarrow (-CH_2{-}\underset{\displaystyle Y}{\underset{|}{C}}{=}CH{-}CH_2{-})_n,$$

ahol *Y* – H (monomerje – butadién, polimerje – butadién- kaucsuk); CH_3 (monomer – izoprén, polimer – izoprén-kaucsuk); Cl (monomer – klórprén, polimer – klórprén-kaucsuk)[1].

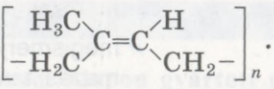
[1] A megfelelő monomerek szisztematikus nevezéktan szerint alkotott nevei: buta-1,3-dién; 2-metilbuta-1,3-dién; 2-klórbuta-1,3-dién.



134. ábra.
Kaucsuk felfogása kaucsukfa csapolásakor

Megkülönböztetnek természetes és szintetikus kaucsukokat.

A természetes kaucsuk tejre emlékeztet, mert kaucsuk vizes emulziója, és egyes növények nedvei tartalmazzák (134. ábra). Ennek a kaucsuknak az alapját ciszpoliizoprén képezi:



A természetes kaucsuk fehér színű; könnyebb a víznél, oldódik benzinben, benzénben, egyes szerves oldószerekben. Mivel kettős kötéseket tartalmaz a molekulájában, képes hidrogént (katalizátorok jelenlétében), brómot, brómhidrogént addícionálni. Melegítés hatására, levegő kizárásával, monomerré (izoprén) alakul..

Érdekes tudnivaló

Egyes növényekben mézga – poliizoprén transz-izomer – található.

▶ Írjátok le a természetes kaucsuk monomerré történő hőbontásának vázlatát!

A természetes kaucsukot lassan oxidálja a levegő oxigénje, vas(III) vegyületek, kálium-permanganát. A növényi nedvekből frissen kinyert kaucsuk oxidációjának és baktériumok benne való elszaporodásának megakadályozása érdekében ezt a polimert híg savoldatokkal (hangyasav, esetsav oldataival) vagy más anyagokkal kezelik, vízzel mossák, majd szárítják. Ennek eredményeként a kaucsuk sárgás színt ölt (135. ábra).



135. ábra.
Természetes kaucsuk előállítása

Az összes természetes nagymolekulájú vegyület közül csak a kaucsuk rendelkezik nagyfokú elasztikussággal. A kaucsuknak ez a tulajdonsága azzal függ össze, hogy lineáris molekulái gombolyaggá csavarodhatnak, s ebben nem jelentenek akadályt a CH_3 csoportok kis leágazásai sem. Ha lemezszerű kaucsukot nyújtanak, akkor makromolekulái kiegyenesednek, de

ha elengedik, úgy a makromolekulák visszanyerik eredeti alakjukat és a lemez a kezdeti méretére rövidül. Nagyobb erővel a kaucsuklemez szétszakítható.

Szintetikus kaucsukok. A természetes kaucsukot nagy mennyiségben állítják elő, ugyanakkor ez nem elegendő az állandóan növekedő igények kielégítésére. Ezért a kutatók a természetes kaucsuk kiváltására szintetikus kaucsukot hoztak létre, amelyet széleskörűen alkalmaznak a legkülönbözőbb területeken.

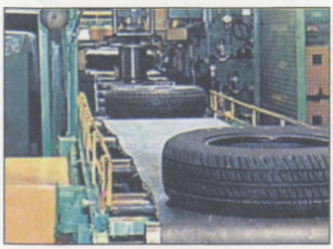
A monomertől (monomerektől) függően megkülönbözetnek *butadién-*, *butadiénsztirol-*, *izoprén-* (a természetes kaucsuk analógja) és *klórprénkaucsukot*.

▶ Írjátok le a butadiénkaucsuk monomerből történő előállításának vázlatát!

A kaucsukok előállítására szolgáló polimerizációs reakciók többsége katalizátorok jelenlétében megy végbe. A butadiénsztirol-kaucsukot a butadién és a sztirol egyidejű polimerizációjával állítják elő. A reakció egyszerűsített alakban:

$$\underset{\text{butadién}}{n\mathrm{CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2}} + \underset{\text{sztirol}}{m\mathrm{CH_2{=}\underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{|}{CH}}}} \rightarrow$$

$$\rightarrow \underset{\text{butadiénsztirol-kaucsuk}}{(\mathrm{{-}CH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2{-}})_n{-}(\mathrm{{-}CH_2{-}\underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{|}{CH}}{-}})_m}.$$

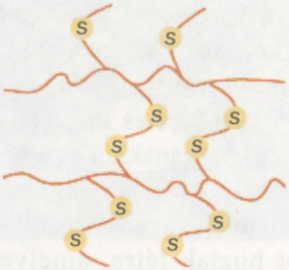


136. ábra.
A gumi legszélesebb körű felhasználása

Melegítéskor a szintetikus kaucsukok, a természetes kaucsukhoz hasonlóan, megfelelő monomerek képződésével elbomlanak.

A kaucsukok képezik a gumi- és gumitermékek gyártásának alapanyagát.

Gumi. A természetes és szintetikus anyagok között a gumi a legelasztikusabb. Igen nagy mennyiségben használják fel autógumik gyártására (136. ábra).



137. ábra.
A szénláncok „összevarródása" a gumiban



138. ábra.
Ebonit

A gumigyártás technológiájának legfontosabb eleme a vulkanizálás, ami nem más, mint a kaucsuk kénnel együtt történő hevítése. Először a gumit töltelékanyaggal – agyaggal, korommal, krétával, timfölddel –, festékekkel és kopásállóságot biztosító anyagokkal keverik össze. Ezt követően a keverékhez ként adnak. A kaucsuk és kén π-kötések felhasadásával járó kölcsönhatás eredményeként S–S hidak segítségével a szénláncok mintegy „összevarródnak" (137. ábra). Eközben a kettős kötések egy része megmarad az anyagban.

Ha a ként fölös mennyiségben veszik, akkor az összes kettős kötés a szénláncok egymáshoz kapcsolódására használódik el, és szilárd, termoreaktív anyag – ebonit – jön létre (138. ábra). Az ebonitból elektrotechnikai kellékeket, kémiai felszereléseket állítanak elő.

Különböző rendeltetésű gumik léteznek felhasználástól függően. Vannak hő- és fagyálló (nyári és téli autógumik), a benzin és kőolaj tartós hatását kibíró (töltőállomások tankolócsövei), a savaknak és lúgoknak, valamint röntgensugárzásnak ellenálló gumifajták.

A kaucsukok és a gumi tulajdonságainak összehasonlítása. A kaucsuk és a gumi elasztikus anyagok.

22. SZ. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET

A kaucsuk és gumi mechanikus tulajdonságainak összehasonlítása

Egyforma gumi- és kaucsukcsíkot tartotok a kezetekben. Meg tudjátok-e különböztetni őket egymástól a külalakjuk szerint?

Ellenőrizzétek a polimerek elasztikusságát minkét csík széthúzásával, majd elengedésével. Mi figyelhető meg? Próbáljátok szétszakítani a csíkokat! Melyik bizonyul erősebbnek?

Vonjátok le a megfelelő következtetéseket!

A kaucsuk és a gumi nem oldódik a vízben. Ha felaprított gumit és kaucsukot szerves oldószerbe (benzénbe) helyezünk, akkor egy nap elteltével a kaucsuk kolloid oldatot képezve feloldódik, míg a guminak csak a térfogata nő meg (megduzzad). Ez azt jelzi, hogy a gumi magába szívja a szerves oldószert.

A kaucsuk és a gumi, a bennük lévő kettős kötéseknek köszönhetően, halogéneket addícionálhatnak. A kaucsuk kolloid oldata a benzénben elszínteleníti a brómos vizet. Melegítés hatására a kaucsuk telítetlen vegyületek képződésével elbomlik.

A kén jelenléte a gumiban úgy mutatható ki, ha kémcsőben melegítjük. A gumi hőbontásának egyik terméke a kénhidrogén, amely az oldatban réz(II)nitrát vagy ólom(II)nitrát képződését idézi elő.

A kémiai laboratóriumban végzett munka során tekintettel kell lenni arra, hogy a gumi készítményeket (dugókat, csöveket) roncsolja a tömény salétromsav és kénsav. A híg sósav és a lúgoldatok gyakorlatilag nem hatnak a gumira.

A kaucsukok és a gumi alkalmazása. A szintetikus izoprén-kaucsuk a tulajdonságait tekintve a természetes kaucsukra hasonlít. A belőle készült gumi magas fokú szilárdsággal és elasztikussággal rendelkezik. A butadiénsztirol-kaucsuk az elasztikusságot tekintve elmarad a természetes kaucsuk mögött, azonban annál kopásállóbb. Ezeket a kaucsukokat autógumiköpenyek, futószalagok, lábbelik, orvosi és sportkészítmények, szigetelőanyagok gyártására használják.

A klórpropén-kaucsukot, amely nem éghető, hő- és fényálló, nem roncsolják a kenőanyagok, nem oxidálódik a levegőn. Olyan gumit készítenek belőle, amelyet kőolajjal és kőolajtermékekkel érintkező berendezésekben használnak. A fluort tartalmazó kaucsukok vegy- és hőállók; felhasználják őket 200 °C fölötti hőmérsékleten is.

A gumi fő alkalmazási területe a gépkocsigumiköpenyek gyártása. A gumikészítményeket felhasználják az iparban, technikában, egészségügyben, háztartásban.

A gumihulladékok és a környezet. A gumihulladékok tömegének majdnem 90%-a az elhasználódott autógumikra esik, a többi a régi lábbelikre, használaton kívüli műszaki és háztartási eszközökre jut. A gumihulladékok, a műanyagokhoz hasonlóan, nem bomlanak el a természetben. Sajnálatos módon nagyobb részük a környezetbe kerül.

Érdekes tudnivaló
Európában az elhasznált autógumik kevesebb mint felét hasznosítják.

A gumihulladékok hasznosítása (felaprításuk után) az alábbiak szerint történik:

- égetés hőenergia termelése céljából (a gumiégetés során keletkező hőmennyiség majdnem megegyezik a kőszén égetésekor fejlődő hővel);
- hőbontás a kaucsukgyártásban felhasználható monomerek előállítása céljából;
- adszorbensként a szennyvizek tisztításában;
- szigetelőanyagként, építőanyagként, az útépítésben.

ÖSSZEGEZÉS

A kaucsukok – növényi eredetű vagy szintetikusan előállított polimerek, gumigyártásra használják őket. A kaucsukok jellegzetes tulajdonsága az elasztikusság, vagyis az eredeti alak visszaállása deformáció után. A kaucsukoknak nagy a szilárdságuk és kopásállók.

A kaucsukok zöme alkadién szénhidrogének és származékaik polimerjei. Megkülönböztetnek

természetes és szintetikus kaucsukokat.

A gumi – a kaucsuk vulkanizációs (kénnel együtt történő hevítés) terméke. Nagyon elasztikus anyag, amelyet széleskörűen alkalmaznak számos területen. A gumihulladékok hasznosítása az egyik legidőszerűbb környezetvédelmi probléma.

?

347. Jellemezzétek a kaucsuk gyakorlati jelentőségét!
348. Milyen a természetes kaucsuk összetétele, szerkezete és tulajdonságai?
349. Hogyan értelmezitek a „vulkanizáció" és „elasztikusság" fogalmakat?
350. Mi a különbség a kaucsuk és a gumi, a gumi és az ebonit között?
351. Nevezzétek meg a kaucsukok alkalmazási területeit!
352. Az internet vagy más információforrás felhasználásával készítsetek rövid beszámolót a kaucsuk szó eredetéről, a gumi feltalálásának történetéről, a linóleum létrehozásáról!
353. Nevezzétek meg a legfontosabb szintetikus kaucsukokat, és írjátok le kémiai képleteiket!
354. Állítsátok fel a reakciók vázlatait:
    a) klórprén-kaucsuk polimerizációja;
    b) bróm addíciója izoprén-kaucsuk által!
355. Számítsátok ki a klór tömegrészét a klórprén-kaucsukban!

42. Természetes és műrostok

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- elképzelést alkothassatok a természetes és műrostokról;
- meg tudjátok különböztetni a természetes és műrostokat;
- megismerjétek a rostok felhasználásának területeit.

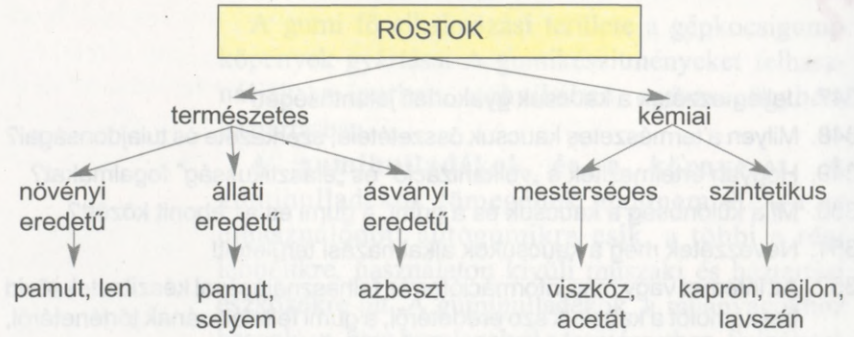
Rostok – természetes és szintetikus polimerekből előállított, hosszú, rugalmas fonalak, ame-

lyeket textilkészítmények gyártására használnak fel.

Megkülönböztetnek természetes és kémiai vagy műrostokat (10. vázlat).

10. vázlat

A rostok csoportosítása



Természetes rostok. A növényi rostok a növények szárában és levelében (kender, len), valamint a magban (gyapot) alakulhatnak ki (139. *a*, *b* ábra). Alapjukat a cellulóz képezi.

Az állati szövetek fehérjepolimerek. A gyapjú nagyobb részét a birkatenyésztés adja. A selyem nem más, mint a selyemhernyó különleges mirigyeinek a váladéka (139. *c*).

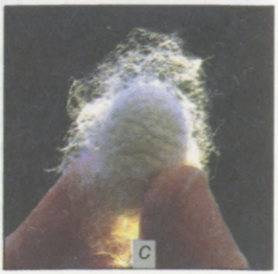
A len és gyapotrostnak elég nagy a hőállósága, jók a mechanikai tulajdonságai. A gyapjúrostok magas fokú elasztikusságukkal, a selyem nagy szilárdságával és jellegzetes fénylésével tűnik ki (140. ábra).

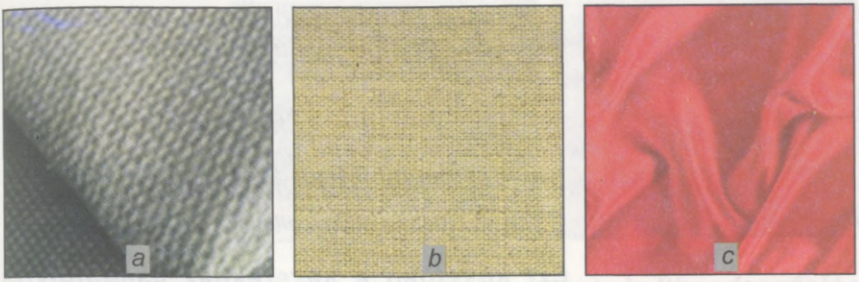
139. ábra. **Len (*a*), gyapot (*b*), selyemgubó (*c*)**

▶ Nevezzétek meg az említett természetes rostok alkalmazási területeit!









140. ábra.
Természetes rostokból készült szövetek:
***a* – azbeszt;**
***b* – len;**
***c* – selyem**

Az ásványi rostokhoz az azbeszt tartozik. Belőle szűrőket, ponyvát, védőöltözetet, hullámpalát, speciális papírt és kartont, hő- és elektromos szigetelést készítnek.

A **vegyi** vagy **műrostokat** lineáris szerkezetű polimerekből állítják elő. Ezeket a polimereket először megolvasztják vagy szerves oldószerekben feloldják, majd a képződött oldatot igen kis átmérőjű nyílásokon nyomják át. Ennek köszönhetően hosszú, vékony szálak jönnek létre (141. ábra).

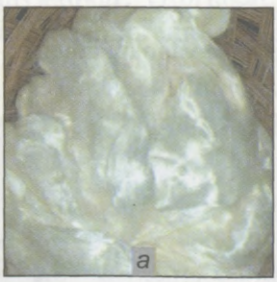
Megkülönböztetnek mesterséges és szintetikus műrostokat.

A ***mesterséges rostokat*** természetes polimerekből, rendszerint cellulózból állítják elő. Ezeknek több technológiai és a készítmények minőségével kapcsolatos előnyük is van.

Legfontosabb mesterséges rostok a *viszkóz* és *acetát* (142. ábra). A viszkóz rost alapját cellulóz, az acetát rostét a cellulóz acetát-észterei képezik.



141. ábra.
Rostgyártás





142. ábra.
Mesterséges rostok: *a* – viszkóz; *b* – acetát

A viszkózt facellulózból állítják elő. A nyersanyagot megtisztítják és lúggal kezelik:

$$[C_6H_7O_2(OH)_3]_n + nNaOH \rightarrow$$
cellulóz
$$\rightarrow [C_6H_7O_2(OH)_2ONa]_n + nH_2O.$$
mononátrium-cellulóz

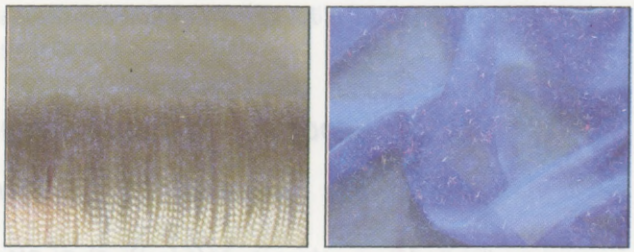
Ezt követően a keverékhez cseppfolyós szén(IV)szulfidot CS_2 adnak. A képződő viszkózus, lúgos oldatot apró nyílásokon híg kénsavba nyomják át. Ekkor újra cellulóz képződik, de ezúttal fonalak alakjában.

Az acetátot szintén cellulózból gyártják (észterezési reakcióval). $[C_6H_7O_2(OH)(OCOCH_3)_2]_n$ és $[C_6H_7O_2(OH)(OCOCH_3)_3]_n$ észterek jönnek létre. Ezeket acetonban vagy alkoholban oldják, a kapott oldatot melegítés mellett apró nyílásokon engedik át.

Az oldószer ekkor elpárolog, és acetátszálak képződnek.

A ***szintetikus rostokat*** szerves vegyületekből állítják elő kémiai reakciókkal. Ezekhez tartoznak a poliamid, poliészter, poliakrilnitril, polipropilén, polivinilklorid rostok. A természetes rostokkal szembeni előnyük, hogy szilárdabbak, elasztikusabbak, tartósabbak, nem roncsolják őket a mikroorganizmusok. Hiányosságuk az alacsony fokú higroszkóposság, elektromozódási képesség. Ezeknek a kiküszöbölése érdekében a szintetikus rostokhoz természetes rostokat és antisztatikus anyagokat adnak.

A *kapron* (143. ábra) és a *nejlon – poliamid rostok.* Szilárdak, bírják az alacsony hőmérsékleteket, vegyállók (csak a tömény szervetlen savak roncsolják), könnyen festhetők. Kapronszálakból köteleket, halászhálókat, szöveteket, kötöttárukat készítenek. A nejlonrostot más rostokhoz adagolják, felhasználják a padlószőnyegek gyártásában.



143. ábra. Kapronból készült fonalak és szövetek

A kapront és nejlont polikondenzációs reakciókkal állítják elő. A reakciók egyszerűsített vázlata:

$$\underset{\varepsilon\text{-aminkapronsav}}{nH_2N-(CH_2)_5-COOH} \xrightarrow{-nH_2O} \underset{\text{kapron}}{[-HN-(CH_2)_5-CO-]_n},$$

$$\underset{\text{hexametiléndiamin}}{nH_2N-(CH_2)_6-NH_2} + \underset{\text{adipinsav}}{nHOOC-(CH_2)_4-COOH} \xrightarrow{-nH_2O}$$

$$\rightarrow \underset{\text{nejlon}}{[-HN-(CH_2)_6-NH-CO-(CH_2)_4-CO-]_n}.$$

A *lavszán – poliészterrost* (114. ábra). A gyapjúra emlékeztet, de szilárdabb. A belőle előállított készítményeket nem kell vasalni.

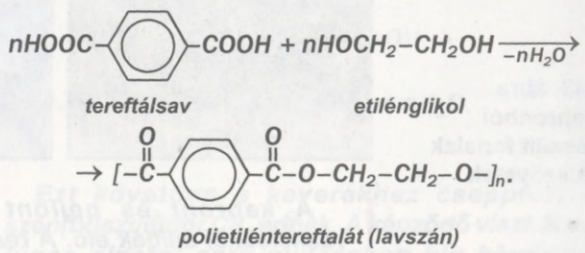
A lavszánt roncsolják a savak és lúgok, de ellenállók az acetonnal és más szerves oldószerekkel szemben. A lavszánszálaknak alacsony fokú a higroszkóposságuk, ezért gyapot- és lenrosttal vagy gyapjúval együtt használják. A lavszán hőálló, nehezen gyullad meg és nem szenesedik el.

A poliészterből benzin- és kőolajálló csöveket, köteleket, halászati vonóhálókat, elektromos szigetelőanyagokat, vitorlákat, dekoratív szöveteket, kötöttárut, műprémet, takarókat állítanak elő, és felhasználják az autógumigyártásban.



144. ábra. Poliészterből készült fonalak és nyakkendők

A lavszánt polikondenzációs reakcióval állítják elő:



23. SZ. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET

A melegítés, lúg- és savoldatok hatása a szintetikus rostokra

Vizsgáljátok meg a kiosztott szintetikus rostokból készült szövetmintákat! Írjátok le a külalakjukat!

Csipesszel vigyetek egy-egy szövetdarabot lángba. Mely szövetek égnek, melyek olvadnak? Melyek esetében jelenik meg szag?

Vizsgáljátok meg, hogyan hatnak a nátrium-hidroxid és kénsav oldatai mindegyik szövetre!

A kísérletek eredményeit írjátok be a táblázatba:

A rost neve	A szövet külalakja	A rostok viszonya		
		melegítéshez	lúgoldathoz	savoldathoz

ÖSSZEGEZÉS

A rostok – hosszú, rugalmas fonalak, polimer alapúak, szövetgyártásra használják a textiliparban.

Megkülönböztetnek természetes és vegyi vagy műrostokat. A növényi rostok alapja a cellulóz, az állati rostok fehérje eredetűek. A műrostokat (mesterséges és szintetikus rostokat) lineáris szerkezetű polimerekből állítják elő.

A rostokat szövetek, kötelek, technikai anyagok gyártására használják.

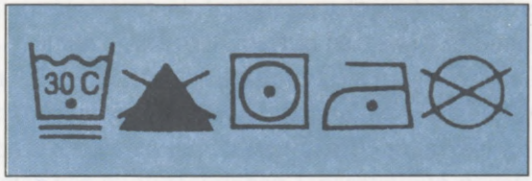
?

356. Nevezzétek meg a legfontosabb természetes rostokat! Milyen a vegyi alapjuk külön-külön?

357. Milyen előnyei és hiányosságai vannak a szintetikus rostoknak a természetes rostokkal összehasonlítva?

358. Az enánt poliamidrostot ω-aminoenántsav $H_2N–(CH_2)_6–COOH$ polikondenzációs reakciójával állítják elő. Írjátok le a reakció vázlatát, és számítsátok ki, mekkora tömegű rost állítható elő 100 kg kiindulási vegyületből!

359. Fejtsétek meg a sportdzseki címkéjének jeleit (145. ábra)! Ehhez használjátok fel a *Szövetek vasalása* című szövegrészben és az interneten található ismereteket!



145. ábra.
A szövetek kezelési útmutatójának jelei

KÍVÁNCSIAKNAK

Szövetek vasalása

Tudjátok, hogy a természetes és szintetikus rostoknak különböző a hőállóságuk. Valamely szövet vasalása előtt a vasalón lévő szabályozó gombbal beállítjuk azt a maximális hőmérsékletet, amelyen még nem roncsolódik (nem olvad, nem ég) az anyag. A szintetikus rostok nem hőállók, ezért a belőlük készült szöveteket vagy nem vasalják, vagy csak alacsony, 120 °C alatti hőmérsékleten. Ezt a hőfokot pont jelzi a vasaló szabályozóján és a szövethez mellékelt címkén. A selyem és a gyapjú 160 °C hőfokot bír ki (két ponttal jelzik a vasalón). Legnagyobb hőállósággal a lenrostból és gyapotból készült szövetek rendelkeznek. A vasalásukkor a vasaló hőfoka meghaladhatja a 160 °C-ot (három ponttal jelzik a vasalón).

KÍVÁNCSIAKNAK

Optikai szálak

A korszerű technológiák és eljárások alapján készült anyagok között különleges helyet foglalnak el a nagyfokú átlátszósággal rendelkező rostok, amelyek igen nagy távolságra továbbíthatják a fénysugarakat a teljes belső visszaverődés jelenségének köszönhetően. Ezeket az anyagokat optikai rostoknak vagy optikai szálaknak nevezzük. Kvarcból, speciális üvegből (fluorid-, foszfátüvegből), egyes szerves polimerekből készítik. Az optikai szálak felhasználása igen sokrétű. Az optikai szálas kommunikáció a továbbított információ nagyságát és gyorsaságát tekintve nagyságrendekkel megelőzi az elektronikus eszközökkel végzett adatközlést. Az optikai szálak alkalmazása az orvostudományban lehetővé teszi a szervezet bármelyik zugába történő betekintést és a belső szervek működésének képernyőn történő megfigyelését sebészeti beavatkozás nélkül. Optikai szálak képezik az alapját a környezet különböző fizikai paramétereinek mérésére szolgáló érzékelő készülékeknek. Az optikai szálakat díszkivilágításra is alkalmazzák.

7. rész

A kémia szerepe a társadalom életében

Az anyagok világában élünk. A számuk feltartóztathatatlanul növekszik annak köszönhetően, hogy a kutatók a laboratóriumokban kémiai reakciók segítségével egyre újabb és újabb anyagokat állítanak elő. Az új anyagok és a belőlük készített eszközök jobbak és hasznosabbak a korábbiaknál, ezért gyorsan elterjed a használatuk.

Az ipar, energetika, közlekedés és szállítás, valamint a társadalmak jólétének fejlődése, a fogyasztás növekedése nyomán egyre több ipari és háztartási hulladék kerül a környezetbe. A hulladékok megbontják a környezet egyensúlyát, károsítják az élő szervezeteket.

Ebben a részben a kémia szempontjából vizsgáljuk meg a mai kor civilizációjában tapasztalható negatív folyamatokat, rámutatunk arra, milyen lépésekkel, intézkedésekkel lehetne megóvni a természetet, az élőlények változatosságát az utánunk következő nemzedékek számára.

43. A kémia és a civilizációs fejlődés

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- megértsétek a kémia szerepét a társadalom fejlődésében;
- megismerjétek a bio- és nanotechnológiákat;

➢ megértsétek a kémia szerepét a világ energetikai és élelmiszer-problémáinak megoldásában.

A kémiatudomány és a kémiai technológiák szerepe az emberi civilizáció fejlődésében. Az emberiség fejlődése nem lenne elképzelhető a kémia vívmányai nélkül, hiszen igen sok technológiai folyamat alapját képezik kémiai reakciók. Ezeket széleskörűen alkalmazzák a fémkohászatban, a kőolajiparban, üveg- és műtrágyagyártásban, a polimerek, cement, koksz, mész, szóda, metanol és más szervetlen és szerves vegyületek előállításában. Kémiai reakciók felhasználásával alakítják át az anyagokat a könnyű- és élelmiszeripari folyamatokban.

A kémia és a nyersanyagok problémája. A különböző technológiai folyamatokban a természetben nagy mennyiségben előforduló anyagokat – vizet, levegőt és annak összetevőit, kőzeteket, szenet, cellulózt – alkalmaznak. Azonban a természetes erőforrások nagysága véges. Ezért takarékosan kell felhasználni, kiaknázni őket, a hasznos anyagok maximális hozamának és a hulladékok minimális mennyiségének biztosításával. Gazdaságosan kell bánni az üzemanyagokkal és villamos energiával, optimális feltételeket kell teremteni a reakciók végrehajtásához, mindenekelőtt a toxikus anyagok semlegesítéséhez. A hatékony technológiai eljárások kidolgozása és rendszeresítése a legfontosabb feladatok egyike, amelyeknek a megoldása a vegyészekre és más tudományterületek szakembereire vár.

Érdekes tudnivaló
Az előrejelzések szerint az eddig feltárt kőolaj- és földgázkészletek még 50 évig tudják biztosítani az emberiség szükségleteit.

Semmilyen termelés nem lehetséges hulladékképződés nélkül. A hulladékok feldolgozását kötelező érvényűvé, a komplexitás biztosítása mellett a lehető legteljesebbé kell tenni, s a technológiai folyamatokban olyan kémiai reakciókat kell alkalmazni, amelyekkel semlegesíthetők a toxikus anyagok. A felhasznált vagy feldolgozásra szánt hulladék anyagokat másodlagos erőforrásnak nevezik. Ebben a tekintetben igencsak beszédesek a következő számok: az új gépkocsik átlagosan 40%-ban újrahasznosított fémekből, a repülőgépek 60%-ban újraöntött alumíniumból, az ékszerek 90%-ban újraöntött aranyból készülnek.



146. ábra.
Biogázt előállító ipartelep

Biotechnológiák. Az utóbbi években az iparban és egyéb termelési ágazatokban olyan új technológiákat vezetnek be, amelyek jelentős mértékben különböznek a hagyományosan alkalmazottaktól. Különleges helyet foglalnak el ebben a vonatkozásban a *biotechnológiák* – az anyagok átalakításának folyamata mikroorganizmusok vagy az élettevékenységük révén nyert termékek segítségével.

Az ember által alkalmazott egyik legelső biotechnológia a borkészítés volt szőlőléből vagy más bogyók és gyümölcsök levéből. Mint ismeretes, a szénhidrátok etanol képződésével kísért erjesztését a gyümölcsök felszínén megtelepedő élesztőgombák végzik. Más mikroorganizmusok élettevékenysége következtében savanyodik meg a tej, vagyis megy végbe a tejsavas erjedés. Ezeket a folyamatokat manapság széleskörűen alkalmazzák az élelmiszeriparban, s nem utolsósorban biogázok előállítására növényi maradványokból (146. ábra).

A biotechnológiák alkalmazási köre egyre bővül. A mezőgazdaságban a növényvédelem kémiai eszközeit felváltják a biokészítmények. Biotechnológiákat alkalmaznak az orvostudományban is a fertőző betegségek megelőzésére és gyógyítására szolgáló gyógyszerkészítmények előállítására. A környezetvédelemben az ipari és kommunális szennyvizek tisztításánál egyes baktériumoknak és egyéb mikroorganizmusoknak azt a képességét aknázzák ki, hogy elbontják a kőolajat, kőolajtermékeket és egyes toxikus anyagokat. A biotechnológia vívmányai a háztartásokban teret nyernek, hiszen a korszerű mosóporok olyan bioadalékanyagokat tartalmaznak, amelyek elbontják a szövetek szerves szennyezését.

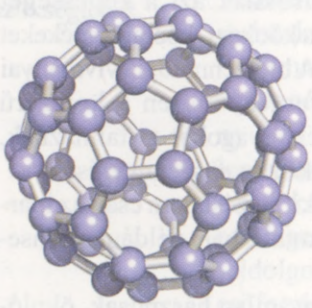
A „biotechnológia" szakkifejezést nem csak az iparban, hanem a tudományos kutatásban, például a génsebészetben is alkalmazzák.

A biotechnológiák gazdaságilag hasznosak, ökológiailag pedig biztonságosak. Azonban a kidolgozásuk hosszú ideig tart, bonyolult kísérletek elvégzését feltételezi, mivel a mikroorganizmusok részvételével végbemenő folyamatok meglehetősen lassúak.

Ukrajnában a biotechnológia alkalmazása előtt legbiztatóbb távlatok a mezőgazdaságban, egészségügyben és a bioüzemanyagok gyártásában nyílnak. Szakembereket a biotechnológiai szakágazat számára az ukrán felsőoktatási intézményekben képeznek.

Nanotechnológiák. A biotechnológiákon kívül intenzíven fejlődnek manapság a *nanotechnológiák* – a nanométerekben ($1\ nm = 10^{-9}\ m$) érhető részecskékből álló anyagok előállításának és felhasználásának technológiája. Az ilyen részecskékből álló anyagokat *nanovegyületeknek* nevezik. Vannak közöttük olyanok, amelyek igen szilárdak, egyúttal könnyűek és rugalmasak. Ezekből vékony számítógépképernyőket, miniatűr elektronikus eszközöket, víz- és légtisztító szűrőket készítenek. Annak érdekében, hogy a nanovegyületek a szükséges tulajdonságokkal rendelkezzenek, a tudósok meghatározzák a részecskék optimális méreteit és megfelelő helyre kerülésüket az anyag szerkezeten belül.

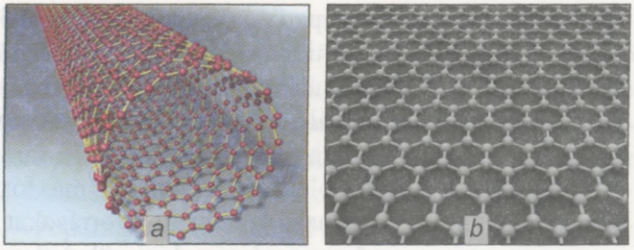
A nanotechnológiák bevonásával előállított gyógyszerkészítmények sok betegség kezelésében alkalmazhatók hatékonyan, mivel egy adott helyre irányozva célzottan vihető be a szervezetbe a környező szövetek károsítása nélkül. Ilyen gyógykészítmény példája az mikrobák ellen hatásos, ezüst nanorészecskéket tartalmazó vizes szuszpenzió.



147. ábra.
A fullerén C_{60} molekulamodellje

A fullerén (147. ábra) feltalálása után a tudósoknak sikerült különleges szénkészítményt – *nanocsövecskéket* – előállítaniuk. Ezek henger alakú részecskék, az átmérőjük néhány nanométertől több tíz nanométerig terjed. Úgy képződnek, hogy a grafit szerkezetének megfelelően összekapcsolódó szénatomok rétege csővé csavarodik (148. *a* ábra).

A nanocsövecskék egyik felhasználási területe a kémiai reakciók katalizálása. A



148. ábra. Nanocsövecskék (*a*) és grafén (*b*)

szén vegyileg passzív anyag, de a nanocsövecskék felülete fejlett. Ezek átmérője lehetővé teszi, hogy a nanocsövecskéken áthaladó folyadékok és gázok sok molekulája érintkezésbe lépjen a nanocsövecskék falára előzőleg felvitt katalizátor molekuláival, s ettől fokozódjon a reagáló anyagok aktivitása. A szénből álló nanocsövecskék felületére különböző funkcionális csoportok vihetők fel, és ezáltal megváltoztathatók katalizáló tulajdonságai.

Nemrég vált ismertté egy szupervékony anyag, a *grafén*. Az alapját a grafitéhoz hasonló szerkezetű szénatomréteg képezi (148. *b* ábra). A grafént olyan ragasztószalag felületén fedezték fel, amely előzőleg grafittal érintkezett. Fizikai tulajdonságait tekintve ennek az anyagnak hasznosabb tulajdonságai vannak, mint a modern mikroelektronika alapját képező szilíciumnak. A grafént felfedező és tulajdonságait kutató Andrej Gejm és Konsztantyin Novoszjolov 2010-ben fizikai Nobel-díjat kapott.

A nanotechnológiák és nanovegyületek kutatásához az anyagszerkezet korszerű módszerekkel történő modellezését lehetővé tévő nagyon korszerű tudományos berendezésekre és nagy teljesítményű számítástechnikai eszközökre van szükség.

Kémiai és energetikai problémák. Az emberiség haladásának egyik fokmérője az atomenergetika fejlődése. Az urán ércből való kinyerését, az atomreaktorok üzemanyagának előállítását, a radioaktív hulladékok feldolgozásával kapcsolatos problémák megoldását a kémia teszi lehetővé.

Az iparban, technikában, közlekedési eszközökben és a mindennapi életben széleskörűen használnak akkumulátorokat és galvánelemeket. Ezekben oxidáló-redukáló reakciók biztosítják az energiatermelést. Napjainkban a tudósok azon fáradoznak, hogy hatékony, ólmot, kadmiumot és más toxikus anyagokat nem tartalmazó kémiai áramforrásokat hozzanak létre.

A napsugárzás – kimeríthetetlen energiaforrás. Olyan vegyületek felhasználásával hasznosítható, amelyek elektromos energiává alakítják a fényenergiát. A tudósok folyamatosan munkálkodnak azon, hogy ilyen vegyületeket állítsanak elő és kidolgozzák gyártási technológiájukat.

A kémia és új anyagok létrehozása. A modern technika, a számítógépgyártás, információrögzítés, távközlés, űrhajózási eszközök előállítása elképzelhetetlen a megfelelő elektromos, mágneses, optikai tulajdonságokkal, nagyfokú hő- és fagyállósággal rendelkező új anyagok felhasználása nélkül. A vegyészek által feltalált műanyagok egyre jobban helyettesítik az üveget, fémeket, kerámiát. Könnyűek, szilárdak, nem korrodálnak, könnyen megmunkálhatók és alakíthatók. Ilyen anyagokat alkalmaznak azokban a kísérleti jelleggel készített számítógépekben, amelyek kartonlapra emlékeztetnek, s felerészben képernyőből, felerészben érintős billentyűzetből állnak.

A kémia és az emberiség élelmezési problémája. Bolygónk népességének gyors növekedése miatt több élelmiszerre van szükség. Sok alulfejlett ország azonban nem tudja megfelelő mennyiségű és minőségű élelemmel ellátni a lakosságát. Sok helyen a talajok elvesztik termőképességüket, a mezőgazdasági kultúrákat egyre gyakrabban támadják különféle betegségek és kártevők.



149. ábra.
Vegyi növényvédő szerek

A világ élelmezési problémájának megoldásában az ásványi műtrágyák és a növényvédő szerek szélesebb körű felhasználása segíthet (149. ábra). Az állattenyésztés termelékenységének növelése érdekében fehérje alapú takarmányadalékokat alkalmaznak.

Az élelmezési probléma megoldásához nem elegendő az élelmiszerek megfelelő mennyiségben történő termelése, gondoskodni kell a termékek megfelelő tárolásáról is. A tudósok arra törekednek, hogy hatékony konzerváló, stabilizáló és emulgáló anyagokat hozzanak létre az élelmiszerek tárolása céljából.

A paragrafus anyagából kitűnik, hogy *civilizációnk fejlődése nem lehetséges a kémia vívmányainak és az általa kidolgozott technológiák alkalmazása nélkül.*

ÖSSZEGEZÉS

Sok ipari technológia alapját képezik kémiai reakciók. Egyre szélesebb körben alkalmazzák a biotechnológiákat, azaz az anyagok mikroorganizmusok segítségével történő átalakítását. A kémia fejlődésének fő iránya a nanovegyületek kutatása, előállítási és alkalmazási módszereik kidolgozása.

A kémia jelentős sikereket ért el az előre tervezett tulajdonságokkal rendelkező és a hagyományos anyagokat fokozatosan kiszorító, az energetikai problémák megoldását elősegítő vegyületek előállítása terén.

A kémia biztosítja a mezőgazdaság számára a szükséges műtrágyákat és növényvédő szereket, elősegíti az élelmiszerek termelésének növelését.

?

360. Nevezzetek meg néhány természetes nyersanyagot, amelyekből szerves vegyületeket állítanak elő!

361. Szerintetek milyen tulajdonságokkal kell rendelkezniük azoknak az anyagoknak, amelyeket a következő területeken alkalmaznak: a) űrtechnika; b) hajózás?

362. Képzeljétek el azt a helyzetet, amikor kimerülnek a Föld kőolajkészletei! Mit kell tenniük a világ fejlett országainak, amikor ez az idő közeledik?

363. Kérdezzétek meg anyukátoktól vagy nagymamátoktól, hogyan készítik elő a fánk és palacsinta tésztáját! Milyen receptre mondható, hogy biotechnológián alapul?

364. Nézzétek meg a galvánelemeken lévő információt, és olvassátok el, milyen elemeket és vegyületeket tartalmaznak ezek az áramforrások!

365. Milyen kémiai elemek a fő összetevői a különböző műtrágyáknak? Írjátok le a képleteiket, és nevezzetek meg különböző fajtájú, ismert műtrágyákat!

366. A gipszhulladék feldolgozásának módszere az, hogy két térfogat ammónia és egy térfogat szén-dioxid keverékét bocsájtják át a gipsz vizes szuszpenzióján. Írjátok le a megfelelő reakciók egyenleteit, és nevezzétek meg, termékeik felhasználási területeit! Az egyes vegyületekből mekkora tömeg képződik 1 t hulladékból, ha a gipsz $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ tömegrésze abban 43%-ot tesz ki, a reakciótermékek relatív hozama 90%.

44. A kémia az emberek életében

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- tudatosítsátok a vegyi biztonság fontosságát az életünkben;
- megismerjétek a kémia és az orvostudomány kölcsönös kapcsolatait;
- megértsétek, milyen egészségkárosodást okoz az alkoholfogyasztás és a dohányzás.



150. ábra.
Háztartáskémiai árucikkek

Kémia a mindennapi életben. A kémia vívmányaival nap mint nap találkozunk. Ma már nehéz lenne elképzelni az életünket mosószerek, tisztítószerek, festékek, lakkok, építőanyagok, szerves oldószerek, háztartáskémiai szerek (150. ábra) nélkül.

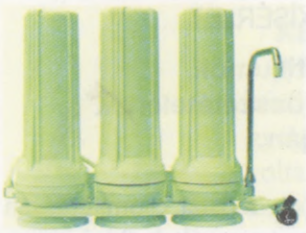
Nem szabad elfelejtenünk, hogy majdnem minden vegyület káro-

síthatja az egészségünket. Ezért a kémiai szerek használata előtt alaposan tanulmányoznunk kell a csomagolásukon lévő használati utasítást. A legtöbb esetben az ott megfogalmazott figyelmeztető ajánlások megfelelnek az iskolai kémiai szaktanteremben érvényes biztonsági előírásoknak. Ezek az ajánlások a következők:

- a háztartásvegyipari szer csak a rendeltetésének megfelelően használható;
- a használata során olyan öltözék viselése ajánlatos, amely a legteljesebben védi a testfelületet;
- óvakodni kell attól, hogy a szer gőze vagy pora a légzőszervekbe, a bőrre vagy a szembe kerüljön;
- tilos a szert élelmiszer vagy ivóvíz közelében tárolni;
- használata után szappannal kezet, szükség esetén arcot kell mosni, vízzel száj- és toroköblítést kell végezni;
- a szermaradékot hermetikusan lezárt edényben kell tárolni.

Nagy jelentősége van az egészségünk szempontjából annak, hogy tiszta levegőt lélegzünk-e be, tiszta-e a víz, amit megiszunk.

Falusi környezetben rendszerint tiszta a levegő, míg a városokban technogén porral, égéstermékkel és más káros anyagokkal szennyezett. A városok vezetésének egyik legfontosabb feladata, hogy folyamatosan ellenőrizze a légszennyezettség fokát, és szükség esetén intézkedéseket foganatosítson a csökkentése érdekében.



151. ábra.
Háztartási vízszűrő

A jó minőségű ivóvíz nem kevésbé fontos az emberi egészség megőrzése szempontjából. Sajnálatos módon a csapokból gyakran folyik kellemetlen szagú és ízű víz, a víztárolásra szolgáló edényekben pedig sokszor képződik üledék. Ezért a háztartásokban egyre gyakrabban alkalmaznak víztisztító eszközöket (151. ábra).





152. ábra.
A zöldségek és gyümölcsök – vitaminforrások

Az emberek általában az ellenőrzött minőségű föld alatti forrásokból, kutakból nyert vizet részesítik előnyben. Egyes ukrán városok lakói köztéri ivókutakból szerzik be a vizet, amely több száz méter mélységből érkezik a felszínre. Elég jó minőségű a palackozott víz is.

Nagy jelentősége van egészségünk szempontjából a helyes táplálkozásnak, azaz a fehérjék, zsírok és szénhidrátok optimális arányának, a megfelelő mennyiségű vitaminoknak és más anyagoknak, köztük a mikroelemeknek étrendünkben (152. ábra).

Annak érdekében, hogy vonzóbb legyen az élelmiszerek külalakja, íze, meghosszabbodjon tárolási ideje, úgynevezett élelmiszeradalékokat – színezékeket, ízesítőket, emulgátorokat, stabilizátorokat és tartósítókat – kevernek hozzájuk. Ezek nem mindegyike ártalmatlan. Egyes anyagok, ha állandóan fogyasztják őket, károsan hatnak a gyomorra és májra, rontják a krónikus betegségek lefolyását, allergiát okoznak, károsítják az immunrendszert. Ezek a tényezők különösen a fiatal szervezetre nézve veszélyesek. Lehetőleg olyan élelmiszereket kell fogyasztani, amelyeket természetes, ökológiailag tiszta nyersanyagokból készítenek, és nem tartalmaznak szintetikus adalékokat.

24. SZ. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET

Az élelmiszerek, kozmetikumok, háztartáskémiai szerek összetételének vizsgálata címkéik alapján.

Vizsgáljátok meg a majonéz, paradicsomszósz, mustár csomagolásán lévő címkét! Tartalmaznak-e ezek az élelmiszertermékek fehérjéket, zsírokat, szénhidrátokat, karbonsavakat, szervetlen vegyületeket, genetikailag módosított termékeket? Vannak-e bennük színezékek,

emulgátorok és más, E betűvel vagy számokkal jelölt élelmiszeradalékok? Otthon, az internet segítségével derítsétek ki, hogy természetes anyagból készült-e mindegyik adalék, és tisztázzátok, nem káros-e az egészségre!

A kozmetikai és háztartáskémiai szerek (mosó- és tisztítószerek) csomagolásán lévő címkék alapján jellemezzétek összetételüket! Olvassátok el a kozmetikumok és a háztartásvegyipari szerek használati utasításait, és indokoljátok meg az előírásokat!

25. SZ. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET

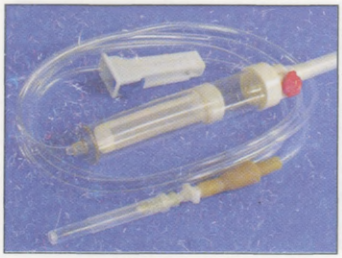
Egyes szervetlen és szerves vegyületek kimutatása élelmiszerekben, kozmetikumokban, háztartáskémiai szerekben

A kísérletben mutassátok ki a következőket:

- lúgok és savak a mosó- és tisztítószerekben;
- karbonátok a fogkrémben és tésztakelesztő szerekben;
- glicerin a kézápoló krémben, hajsamponban;
- glükóz a mézben, szőlőlében, édességekben;
- keményítő a főtt kolbászban, paradicsomszószban, gyümölcskocsonyában vagy -krémben;
- fehérjék és aminosavak a főtt kolbászban, tojásfehérjében.

Határozzátok meg, milyen reagensekre lesz szükségetek a feladat elvégzéséhez, és milyen feltételek mellett kell elvégezni az egyes kísérleteket! Milyen külső hatások mutatnak az egyes vegyületek jelenlétére a vizsgált mintákban?

Kémia és orvoslás. Korunkban látványosan megnőtt a gyógyszerkészítmények száma. Az új gyógyszerkészítmények lehetővé teszik olyan betegségek sikeres gyógyítását, amelyek korábban gyógyíthatatlanok voltak. A gyógyszerek összetételében található sok anyagot vegyi úton állítják elő. Ezekkel szemben szigorú feltételeket támasztanak; mindenekelőtt nagyon tisztának kell lenniük, mert a bennük lévő szennyező anyagok súlyosan károsíthatják a szervezetet.



153. ábra.
Vérátömlesztéshez használt eszközök



154. ábra.
Az alkohol – rendkívül veszélyes

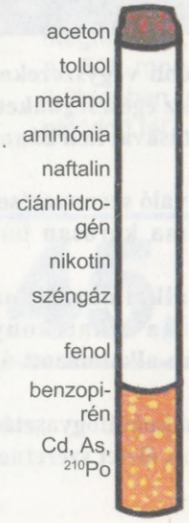
A különböző cégek által gyártott, különféle márkanevű gyógyszerkészítmények gyakran ugyanazokat az anyagokat tartalmazzák. Ez a hozzájuk mellékelt leírásból derül ki. Nem szedhető egyszerre többféle gyógyszer orvosi engedély nélkül, mivel a különböző készítmények kölcsönhatásba lépnek egymással, miközben elveszítik gyógyhatásukat, sőt a reakciótermékek kárt tesznek a betegben.

Az orvostudomány különböző anyagokat kap a vegyészektől és technológusoktól. Köztük van injekciós fecskendő, vérátömlesztéshez használt eszközöket burkoló műanyag (153. ábra), az emberi szervezet által befogadható tantál csontprotézisek.

Az alkoholfogyasztás és dohányzás káros hatása. Ismeretes, hogy az alkohol káros a szervezetre nézve (154. ábra). Már kis mennyiségű etilalkohol is részegséget okoz (mert gyorsan felszívódik a vérbe). A részeg ember természetellenesen viselkedik, nem tudja ellenőrizni cselekedeteit, kiesik az emlékezete, bizonytalanná válik a mozgása, sokszor elveszíti az eszméletét.

Nagyobb mennyiségű alkohol elfogyasztása mérgezést okoz. A rendszeresen alkoholt fogyasztó egyénnél súlyos függéssel járó krónikus betegség – alkoholizmus – alakul ki. A következményei: magasvérnyomás-betegség, idegrendszeri, szív-érrendszeri károsodás, májroncsolódás, hasnyálmirigy-megbetegedések. Ezenkívül az alkoholista ember személyisége fokozatosan lépül.

A dohányzás szintén károsítja a szervezetet. Sajnos, nagyon sok ember dohányzik, jóllehet mindenki tisztában van azzal, hogy a dohányfüst sok toxikus anyagot tartalmaz (155. ábra).



155. ábra.
A dohányos szervezetébe a dohányfüsttel bejutó egyes anyagok

A dohányzás káros szokás, a kialakulását a nikotin okozza. Ennek az anyagnak a tömegrésze a száraz dohánylevélben[1] 2–3%.

A nikotin – specifikus szaggal rendelkező illékony, olajszerű folyadék, amely oldódik a vízben és szerves oldószerekben. Károsítja az idegrendszert, szűkíti a véredényeket. A nikotin erős méreg, 50–100 mg-os adagja halált okoz.

A nikotinon kívül a dohányfüst toxikus szén(II)oxidot (széngázt) is tartalmaz, amely a tüdőbe jutva megakadályozza a hemoglobint abban, hogy oxigént szállítson a szervezet sejtjeihez. A cigaretta belsejében égésekor a hőmérséklet eléri a 850 °C-ot. Ilyenkor különböző kémiai reakciók mennek végbe, és több mint 3600 vegyület, köztük rákkeltő, azaz kancerogén anyagok képződnek. A dohányfüsttől a tüdő léghólyagocskáinak a falán kátrány rakódik le. A kátrányt bontó elasztáz enzim egyúttal az élő szövetet is roncsolja. A dohányosoknál súlyos tüdőbetegségek, köztük rákos daganatok alakulnak ki.

A dohányfüst nem csak a dohányosok, hanem a környezetükben lévők szervezetét is károsítja. A dohányfüstöt kényszerűségből belélegzőket „passzív dohányosoknak" nevezik. Különösen káros a dohányzás a fejlődő és a női szervezetre nézve.

A nikotint kábítószerként tartják számon. A *kábítószerek* vagy *narkotikumok* – rendszerint mérgező, növényi eredetű vagy mesterségesen előállított, a központi idegrendszerre erős hatást kifejtő anyagok. Az ember könnyen hozzájuk szokik, fizikailag és pszichikailag függővé válik tőlük. A kábítószerfüggő egyén elveszíti az élet iránti érdeklődését, majd meghal. A szenvedélybetegség nem csak az abban szenvedő ember, hanem a hozzátartozói, barátai számára is tragédia.

Ha törődtök a saját és a hozzátartozóitok egészségével, akkor nem isztok alkoholt, nem dohányoztok, a barátaitokat is meggyőzitek arról, hogy kövessék a példátokat.

[1] Valójában a növény nikotinsókat tartalmaz, amelyeket szerves bázisból és ecet-, citrom-, valamint almasavakból képez.

ÖSSZEGEZÉS

A mindennapokban a legkülönfélébb vegyszereket használjuk. Mivel ezek károsíthatják az egészségünket, óvatosan, a biztonsági előírások betartásával kell bánni az ilyen anyagokkal.

A levegő és a víz vegyi anyagokkal való szennyezése, az élelmiszerek adalékanyag-tartalma károsan hat szervezetünkre.

A kémia vívmányait sikeresen alkalmazzák az orvostudományban. Növekszik a hatékony gyógyszerkészítmények, az orvoslásban alkalmazott új polimerek száma.

Súlyosan károsítja az egészséget az alkoholfogyasztás és a dohányzás. Aki hosszú és tartalmas életet szeretne, lemond ezekről a káros szokásokról.

?

367. Az internet segítségével derítsétek ki, mit jelentenek a tisztítószer címkéjén látható jelek (156. ábra)!



156. ábra.
Jelzések a tisztítószer címkéjén

368. Olvassátok el néhány élelmiszer-árucikk csomagolásán a címkét, és tisztázzátok, hogy tartalmaznak-e élelmiszeradalékokat!

369. Néha megfigyelhető, hogy a csapvízben vagy kútvízben idővel enyhén sárga vagy barna csapadék képződik. Szerintetek milyen anyagok vannak a csapadékban?

370. Az internet segítségével készítsetek rövid beszámolót az etanol átalakulásáról az emberi szervezetben, arról, hogy mennyire toxikusak az ekkor képződő anyagok!

371. Ismertessétek a dohányzás veszélyeit! Van-e ismerőseitek között olyan, akinek sikerült megszabadulnia ettől a káros szokástól, s mit tett ennek érdekében?

372. Az ivóvízzel szemben támasztott minőségi követelményeknek megfelelően, a szulfát-ionok koncentrációja nem haladhatja meg benne az 500 mg/l-t. Megfelel-e ennek az előírásnak az a víz, amelynek 1 literjében természetes körülmények között 1 g gipsz $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ oldódott fel?

45. Kémia és környezet

A paragrafus anyaga segít abban, hogy:

- megtudjátok, melyek a légkör, a vizek és a talaj vegyi szennyezésének fő forrásai;
- fel tudjátok mérni a kémia szerepét a környezetbe kerülő szennyező anyagok mennyiségének csökkentésében.

A környezet vegyi szennyezése. A XIX. sz. közepéig csak kevés technogén eredetű szennyező anyag került a környezetbe. A természet, mint egy gigantikus méretű kémiai laboratórium, érkezett lebontani a káros anyagokat és helyreállítani az ökológiai egyensúlyt. Később az ember negatív hatása a környezetre elkezdett gyorsan növekedni. Megnőtt a levegő, a vizek és a talaj szennyezettsége, kipusztult sok növény- és állatfaj. Manapság a tudósok úgy vélik, hogy túl vagyunk azon a ponton, amikor még meg lehetett volna „gyógyítani" bolygónkat. Arra szólítanak fel, hogy az emberiség változtassa meg fogyasztói szemléletét a természeti erőforrásokkal kapcsolatban, védje a természetet, őrizze meg az élővilág változatosságát az elkövetkező nemzedékek számára.



157. ábra.
Szmog Moszkvában 2010 nyarán

A 10. osztályos kémia tanulása során már volt alkalmatok vizsgálni a környezetbe jutó szervetlen ipari szennyező anyagok, gépkocsi kipufogógázok, erőművek okozta szennyezés problémáját. Ismeritek

a szmog jelenségét (157. ábra) és a savas esőket. Ezeket jelentős mértékben az okozza, hogy magas a levegőben a CO, SO_2, NO, NO_2 gázok tartalma, főként az iparvidékeken és a megapoliszokban. A kémiaórákon szó volt az atmoszféra ózonpajzsának rongálódásáról, annak okairól és negatív következményeiről. Jelen paragrafus anyagából megtudjátok, hogy milyen szerves vegyületek szennyezik a környezetet.

Ukrajnában évente átlagosan 6 – 7 millió tonna káros anyag kerül a légkörbe. A technogén szennyező anyagokkal leginkább szennyezett városok zömmel Donyeck, Luhanszk és Dnyipropetrovszk megyékben találhatók. Mariupol és Krivij Rih városok ökológiai helyzetét rendkívül súlyosnak tartják. Nagyon súlyosan szennyezik a környezetet a hőerőművek és kohászati üzemek, a nagyvárosokban pedig a gépkocsiforgalom (Kijevben a szennyezés 90%-a a járművek számlájára írható). Az ipari szennyvizek legjobban a Dnyeper és Sziverszkij Donyec folyókat szennyezik.

A légkörbe a gépkocsimotorokban nem teljesen elégett üzemanyagok égéstermékei, a vegyiüzemek gáznemű szennyezőanyagai kerülnek. A szénhidrátok, fenolok, formaldehid, anilin és más szerves szennyezőanyagok koncentrációja az ipari központok fölötti levegőben gyakran 10-szerese vagy még többszöröse a törvényben megengedett értéknek. A meghibásodott hűtőberendezésekből, aeroszolos flakonokból a légkörbe kerülő freonok CCl_3F, $CHClF_2$, $C_2Cl_2F_4$ és más vegyületek az ózonréteget rombolják.

Érdekes tudnivaló

Az élőlényekre nézve különösen veszélyes, vegyileg passzív szerves vegyületeket stabil szerves szennyezőknek nevezik.

Jelentős szennyezésnek van kitéve a hidroszféra is. A tengeri fauna, tengerek melletti területek lakói sokat szenvednek a kőolajszállító tankhajók és az olajfúró tornyok baleseteitől. Évente a világóceánba átlagosan mintegy 10 millió tonna kőolaj ömlik. Ennek minden egyes tonnája, szétfolyva a vízfelszínen, több mint 12 km^2-es területet szennyez be, azaz vonja be a víz felszínét olajhártyával, s ezzel elszigeteli a vizet a légkörtől, felborítva ezzel az ökológiai egyensúlyt. A

folyókat leginkább a kőolajfeldolgozó és a szerves szintézist – halogénszármazék szénhidrogének, aldehidek, fenol és származékai, aromás vegyületek, színezékek gyártását – megvalósító üzemek szennyvizei szennyezik. A folyóvizekbe bekerülő szerves anyagok oxidációjára elhasználódik a vízben oldott oxigén. A hiánya miatt elpusztulnak a halak és más vízi élőlények. Az utóbbi időben ugrásszerűen növekszik a természetes vizek hulladék polimerekkel és műanyagokkal, elsősorban pillepalackokkal és polietilén zacskókkal való szennyezése. Kedvezőtlenül hatnak a folyók és tavak élővilágára a szintetikus mosószermaradványok.

A földfelszínt, azaz a talajt szintén szennyezik a polimerhulladékok, műtrágya-, növényvédőszer-maradékok, építőanyagok, háztartási hulladékok (133. ábra).

Érdekes tudnivaló
Évente a talajba, folyókba és tavakba 4 millió tonna peszticid kerül.

Kémia és környezetvédelem. A vegyészeket nem hagyja közömbösen a folyamatosan növekvő környezetszennyezés problémája. Hatékony módszereket dolgoznak ki a vállalatok ipari gázainak, szennyvizeinek tisztítására (158. ábra), a szilárd hulladékok feldolgozására. Ezeknek a módszereknek a többsége olyan kémiai reakciók megvalósítását feltételezi, amelyekkel a káros anyagokat az élő természetre nézve ártalmatlan vegyületekké alakítják át.

Ha az ipari létesítményből kikerülő szennyező anyagnak savas tulajdonságai vannak, akkor azt rendszerint mésszel vagy mészkővel (krétával) semlegesítik. A lúgos kémhatású szennyvizekbe kénsavoldatot juttatnak. Ez a legolcsóbban előállítható sav, a részvételével végbemenő reakciók termékei, a szulfátok rendszerint nem környezetkárosítók. Nagyon hatékony és gazdaságilag kifizetődő a savas és lúgos kémhatású szennyvizek egymással való összekeverése. Ebben az esetben kémiai reagensekre nincs szükség. Néha az ipari szennyvízből cserebomlási reakcióval



158. ábra.
Ipari szennyvíztisztító létesítmény

kicsapatják a toxikus elemeket, amelyeket oldhatatlan állapotban szűréssel különítik el. Az oxidálószer szennyező anyagokat olyan redukálószerekkel távolítják el a vízből, mint a kén(IV)oxid, vas(II)szulfát, a redukálószer anyagokat a levegő oxigénjével, ózonnal és más anyagokkal oxidálják.

▶ Javasoljatok valamilyen eljárást a rézionok elektrokémiai vállalat szennyvizéből való kivonására!

Korunkban a vegyészek olyan anyagok kidolgozásán fáradoznak, amelyek nem károsítják a természetet (159. ábra). Egyes anyagok tartósak, ellenállók a környezet károsító hatásaival szemben, míg más anyagok fokozatosan elbomlanak természetes körülmények között, miközben ártalmatlan vegyületek képződnek belőlük. A tudósok dolgoznak a különböző hulladékok feldolgozásával kapcsolatos problémák megoldásán (160. ábra).

Az ökológiai problémák nem csak az ipar, közlekedés, energetika intenzív fejlődéshez kötődnek, hanem az emberek alacsony szintű ökológiai tudásához, bele-



159. ábra.
Környezetbarát anyagból készült táska



160. ábra.
Iskolai konténer műanyaghulladékok gyűjtésére

értve azokat, akik az üzemeket tervezik, engedélyezik azok építését és irányítják a vállalatokat.

A modern kémiának és vegyipari technológiának olyan ipari folyamatokon kell alapulniuk, amelyek biztonságosak az emberekre és a környezetre nézve. A vegyészeknek más szakemberekkel együtt sokat kell tenniük a természet helyreállítása érdekében és azért, hogy megszűnjön a civilizáció környezetre kifejtett káros hatása.

Az emberiség az állandó fejlődés útját járja. Minden állam stratégiai feladatai közé tartozik ezen az úton:

- a természeti erőforrások ésszerű felhasználása;
- a nyersanyag komplex feldolgozása;
- energiatakarékos technológiák bevezetése, nem hagyományos energiaforrások felhasználása;
- az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése;
- a talajok termékenységének megőrzése és a természetes vizek szennyeződéstől való megóvása;
- az ipari és háztartási hulladékok hatékony feldolgozása.

ÖSSZEGEZÉS

A környezet vegyi szennyezése állandóan növekszik. A szennyezés fő forrása az ipar, energetika, közlekedés. A természetet nagymértékben károsítják a háztartási hulladékok.

A vegyész tudósok módszereket dolgoznak ki az iparvállalatok gázainak és szennyvizeinek káros anyagoktól való megtisztítására kémiai reakciók segítségével, a különböző hulladékok feldolgozására.

Az emberiség előtt álló fő feladat – a civilizáció stabil fejlődésének és a természet védelmének a biztosítása.

?

373. Sokszor hallható a vizek „nehézfém szennyezéséről". Hogyan értelmezitek ezt a kifejezést? Milyen részecskék okozzák ezt a szennyezést?

374. Hogyan vonható ki a fenol a vegyipari üzemek légkörbe jutó gázkeverékéből?

375. Javasoljatok módszert az elhasznált autógumik újrahasznosítására!

376. A háztartási hulladékokat újrahasznosításuk előtt szelektálják, azaz szétválogatják. Milyen anyagokat érdemes elkülöníteni eközben? Hogyan lehet ezeket feldolgozni vagy felhasználni?

377. Javasoljatok módszert a levegőéhez közeli összetételű ipari gázból a következő keverékanyagokat: a) ammóniát; b) kénhidrogént! Írjátok le a megfelelő reakció-egyenleteket!

378. A kén tömegrésze a pakuramintában 1,28%. A 96% tömegrész H_2SO_4-et tartalmazó tömény kénsav mekkora tömege nyerhető ki a hőerőműben 100 t pakura elégetése során képződő kénoxidokból?

Utószó

Befejezésükhöz közelednek iskolai tanulmányaitok. Közületek sokan egyetemeken tanulnak tovább, míg mások munkába állnak. A kémiaórákon megszerzett tudás alapján mindegyiketek megértheti azokat az átalakulásokat, amelyek az anyagokkal mennek végbe a természetben. Ismerve azoknak az anyagoknak a tulajdonságait, amelyekkel a mindennapokban találkoztok, megfelelően tudtok bánni velük, s nem tesztek kárt magatokban, más emberekben és a természetben.

A kémia tanulása során meggyőződhettetek arról, hogy mennyire érdekes ez a tudomány, amelynek elválaszthatatlan része a szervetlen és szerves kémia. A vegyész kutatók nap mint nap új anyagok százait állítják elő, állapítják meg összetételüket, vizsgáljuk szerkezetüket és tulajdonságaikat, módszereket dolgoznak ki gyakorlati alkalmazásukat illetően.

A kémia a természettudományok egyike. A fizikával, biológiával, geológiával, ökológiával és a természettel foglalkozó más tudományokkal együtt megoldást keres arra a kérdésre, hogy miként jelent meg az élet bolygónkon, s kiveszi részét a felnövekvő nemzedékek tudományos világképének a kialakításából. A természet megértése nélkül az ember nem teljesedhet ki, nem válhat egyéniséggé.

A 11. osztályból kikerülő végzősök közül többen vegyészek lesznek. Örülünk, ha tankönyvünkkel segíthettünk ezeknek a fiataloknak a pályaválasztásban.

Sikeres életutat, jó tanulást és munkát kívánunk nektek.

A szerzők

Függelék

A telített szénhidrogének kémiai tulajdonságai és előállításuk

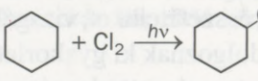
TELÍTETT SZÉNHIDROGÉNEK

ALKÁNOK C_nH_{2n+2} — **CIKLOALKÁNOK** C_nH_{2n}

Kémiai tulajdonságok

1. Helyettesítési reakciók

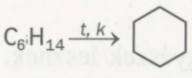
$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu \text{ vagy } t} CH_3Cl + HCl.$$

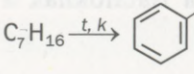


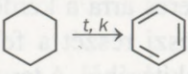
2. Hőbontás (dehidrogénezési reakció)

$$CH_3{-}CH_3 \xrightarrow{t,\,k} CH_2{=}CH_2 + H_2;$$

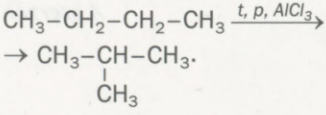
$$2CH_4 \xrightarrow{t} CH{\equiv}CH + 3H_2;$$



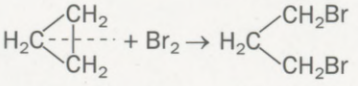




3. Izomerizációs reakció



3. Egyesülési reakció (az $n = 3$ és 4 vegyületek esetében)



4. Oxidációs reakció[1]

$$2CH_4 + 3O_2 \xrightarrow{t,\,k} 2HCOOH + 2H_2O;$$

[1] Az alkánok, cikloalkánok és más szénhidrogének szén-dioxid és víz képződésével égnek el.

$2CH_3-CH_2-CH_2-CH_3 + 5O_2 \xrightarrow{t, p, k} \rightarrow 4CH_3COOH + 2H_2O.$

Előállítás

Az iparban –
kőolajból és földgázból;

$nC + (n + 1)H_2 \xrightarrow{t, p, k} C_nH_{2n+2}$ (cseppfolyósak);

$nCO + (2n + 1)H_2 \xrightarrow{t, p, k} C_nH_{2n+2} + nH_2O.$

Laboratóriumban –

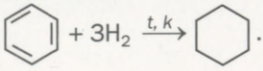
$CH_3COONa(sol.) + NaOH(sol.) \xrightarrow{t} \rightarrow CH_4\uparrow + Na_2CO_3;$

$CH_3-Cl + 2Na + Cl-CH_3 \rightarrow \rightarrow C_2H_6 + 2NaCl.$

Az iparban –
kőolajból és földgázból;

Laboratóriumban –

$H_2C(-CH_2-Cl)-H_2C(-CH_2-Cl) + Zn \rightarrow H_2C(-CH_2)-H_2C(-CH_2) + ZnCl_2;$



A telítetlen szénhidrogének kémiai tulajdonságai és előállításuk

TELÍTETLEN SZÉNHIDROGÉNEK

ALKÉNEK C_nH_{2n} — ALKINEK C_nH_{2n-2}

Kémiai tulajdonságok

1. Egyesülési reakciók

$CH_2=CH_2 + H_2 \xrightarrow{t, k} CH_3-CH_3;$

$CH_2=CH_2 + Br_2 \longrightarrow CH_2Br-CH_2Br;$ (kimutatási reakció)

$CH_3-CH=CH_2 + HBr \xrightarrow{t} \rightarrow CH_3-CHBr-CH_3;$

$CH_3-CH=CH_2 + HOH \xrightarrow{H_2SO_4\ (tömény)} \rightarrow CH_3-CHOH-CH_3.$

$CH\equiv CH \xrightarrow{+H_2, k} CH_2=CH_2 \xrightarrow{+H_2, k} \rightarrow CH_3-CH_3;$

$CH\equiv CH \xrightarrow{+Br_2} CHBr=CHBr \xrightarrow{+Br_2} \rightarrow CHBr_2-CHBr_2$ (kimutatási reakció)

$CH\equiv CH \xrightarrow{+HCl, t, k} CH_2=CHCl \xrightarrow{+HCl} \rightarrow CH_3-CHCl_2;$

$CH\equiv CH + H_2O \xrightarrow{t, Hg^{2+}} CH_3-C(=O)-H$

2. Polimerizációs reakciók

$n CH_2=CH_2 \xrightarrow{t, p, k} [-CH_2-CH_2-]_n$;

$n CH_2=\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} \xrightarrow{t, p, k} [-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-]_n$.

—

3. Helyettesítési reakciók

$CH_2=CH-CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{t}$
$\rightarrow CH_2=CH-CH_2Cl + HCl$.

$HC\equiv CH + 2Na \xrightarrow{NH_3\ (cseppfolyós)}$
$\rightarrow NaC\equiv CNa + H_2$;

$HC\equiv CH + Cu_2O \xrightarrow{NH_3\ (old.)}$
$\rightarrow CuC\equiv CCu\downarrow + H_2O$;
téglavörös

$HC\equiv CH + Ag_2O \xrightarrow{NH_3\ (old.)}$
$\rightarrow AgC\equiv CAg + H_2O$.
fehér

4. Oxidációs reakciók

$CH_2=CH_2 \xrightarrow{+[O],\ H_2O} \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH_2}}-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH_2}}$.

$CH_3-C\equiv C-CH_3 \xrightarrow{3[O],\ H_2O} 2CH_3COOH$.

Előállítás

Az iparban –
kőolajból és más
természetes forrásokból;

$CH_3-CH_2-CH_3 \xrightarrow{t, k} CH_3-CH=CH_2 + H_2$.

Laboratóriumban –

$CH_3-CHOH-CH_3 \xrightarrow{t,\ H_2SO_4\ (tömény.)}$
$\rightarrow CH_3-CH=CH_2 + H_2O$;

$CH_3-CH_2-CH_2Cl +$
$+ NaOH\ (alkoh.\ old.) \rightarrow$
$\rightarrow CH_3-CH=CH_2 + NaCl + H_2O$.

Az iparban –

$2CH_4 \xrightarrow{t} C_2H_2 + 3H_2$;

$CaC_2 + 2H_2O \rightarrow CH\equiv CH\uparrow + Ca(OH)_2$.

Laboratóriumban –

$CaC_2 + 2H_2O \rightarrow C_2H_2\uparrow + Ca(OH)_2$;

$CH_3-CHCl-CH_2Cl +$
$+ 2KOH\ (alkoh.\ old.) \rightarrow$
$\rightarrow CH_3-C\equiv CH + 2KCl + 2H_2O$.

Az aromás szénhidrogének kémiai tulajdonságai és előállításuk

AROMÁS SZÉNHIDROGÉNEK

↓

ARÉNEK

C_nH_{2n-6}

(benzén C_6H_6)

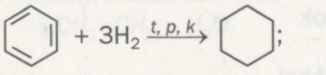
Kémiai tulajdonságok

1. Helyettesítési reakciók

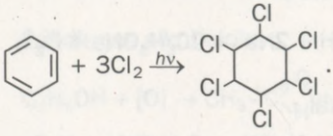
$C_6H_6 + Cl_2 \xrightarrow{t,\,k} C_6H_5Cl + HCl$;

$C_6H_6 + HNO_3$ (tömény) $\xrightarrow{t,\,H_2SO_4\,(tömény)} \underset{\text{nitrobenzén}}{C_6H_5NO_2} + H_2O$

2. Egyesülési reakciók



;



.

3. Oxidációs reakciók

$C_6H_5CH_3 + 3[O] \rightarrow C_6H_5COOH + H_2O$;

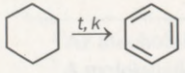
$C_6H_5C_2H_5 + 6[O] \rightarrow C_6H_5COOH + CO_2\uparrow + 2H_2O$.

(A benzén esetében ilyen reakciókat nem vizsgáltunk.)

Előállítás

Az iparban –
kőolajból és más természetes forrásokból;

$CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3 \xrightarrow{t,\,k} C_6H_6 + 4H_2$;



;

$3CH{\equiv}CH \xrightarrow{akt.szén.,\,t} C_6H_6$.

Laboratóriumban –

$C_6H_6 + CH_3Cl \xrightarrow{t,\ AlCl_3} C_6H_5-CH_3 + HCl;$

$C_6H_6 + CH_2=CH_2 \xrightarrow{t,\ AlCl_3} C_6H_5-CH_2-CH_3;$

$C_6H_5-Cl + 2Na + Cl-CH_3 \rightarrow C_6H_5-CH_3 + 2NaCl.$

Az oxigéntartalmú szerves vegyületek kémiai tulajdonságai és előállításuk

OXIGÉNTARTALMÚ SZERVES VEGYÜLETEK

ALKOHOLOK
$C_nH_{2n+1}OH$
(egyatomosak)

FENOL
C_6H_5OH

Kémiai tulajdonságok

1. Reakciók aktív fémekkel

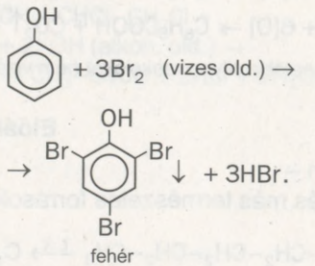
$2C_2H_5OH + 2Na \rightarrow 2C_2H_5ONa + H_2\uparrow.$ | $2C_6H_5OH + 2Na \rightarrow 2C_6H_5ONa + H_2\uparrow.$

2. Reakciók lúgokkal

— | $C_6H_5OH + NaOH \rightarrow C_6H_5ONa + H_2O.$

3. Reakciók halogénekkel

(Nem vizsgáltunk reakciókat.) |



fehér
(kimutatási reakció)

4. Reakciók halogénhidrogénekkel

$C_2H_5OH + HBr \xrightarrow{t} C_2H_5Br + H_2O.$ | —

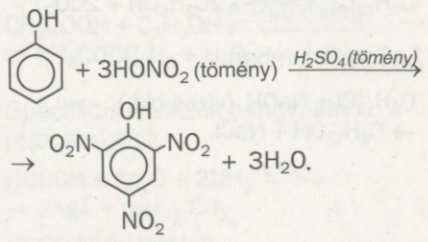
5. Reakciók aldehidekkel

$C_6H_5OH + HCHO \xrightarrow[-H_2O]{t,\ k}$
$\rightarrow$ fenolformaldehid polimerek.

6. Reakciók savakkal

$C_2H_5OH + CH_3COOH \overset{H_2SO_4\ (tömény)}{\rightleftarrows}$
$\rightleftarrows CH_3COOC_2H_5 + H_2O;$

$C_2H_5OH + HONO_2\ (tömény) \xrightarrow{H_2SO_4\ (tömény)}$
$\rightarrow C_2H_5ONO_2 + H_2O.$
(észterezési reakciók)



7. Dehidratációs reakciók

molekulaközi:

$2CH_3OH \xrightarrow{t,\ H_2SO_4\ (tömény)}$
$\rightarrow CH_3-O-CH_3 + H_2O;$

molekulaközi:

$C_2H_5OH \xrightarrow{t,\ H_2SO_4\ (tömény)}$
$\rightarrow CH_2=CH_2 + H_2O.$

—

8. Oxidációs reakciók[1]

elsődleges alkoholok:

$C_2H_5OH + [O] \rightarrow CH_3-C\overset{O}{\underset{H}{<}} + H_2O;$

másodlagos alkoholok:

$CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_3 + [O] \rightarrow$
$\rightarrow CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3 + H_2O.$
aceton

(A reakciókat nem vizsgáltuk.)

9. Kimutatási reakciók

— [2]

A 3. pont reakciói;
$3C_6H_5OH + FeCl_3 \rightarrow (C_6H_5O)_3Fe + 3HCl.$
(ibolyaszínű oldat)

---

[1] Az alkoholok szén-dioxid és víz képződésével égnek el.

[2] A molekuláikba két szomszédos OH csoportot tartalmazó többatomos alkoholok kimutatási reakciója: $2CH_2OH–CH_2OH + Cu(OH)_2 \rightarrow (CH_2OH–CH_2O)_2Cu$ (sötétkék) $+ 2H_2O$.

Előállítás

Az iparban –

$CO + 2H_2 \xrightarrow{t, p, k} CH_3OH$;

$C_2H_4 + H_2O \xrightarrow{t, p, k} C_2H_5OH$;

$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{enzimek} 2C_2H_5OH + 2CO_2\uparrow$.

Laboratóriumban –

$C_6H_{13}Cl + NaOH$ (vizes old.) $\rightarrow$
$\rightarrow C_6H_{13}OH + NaCl$.

Az iparban –

kőszéngyantából;
kőolajkrakkoláskor;

$C_6H_6 \xrightarrow[-HCl]{+Cl_2,\ t,\ p} C_6H_5Cl \xrightarrow[-NaCl]{+NaOH,\ t,\ p} C_6H_5OH$.

Laboratóriumban –

$C_6H_5ONa + HCl \rightarrow C_6H_5OH + NaCl$.

OXIGÉNTARTALMÚ SZERVES VEGYÜLETEK

ALDEHIDEK

$C_nH_{2n+1}-C(=O)-H$

KARBONSAVAK

$C_nH_{2n+1}-C(=O)-OH$

(egyértékűek)

Kémiai tulajdonságok[1]

1. Egyesülési reakciók

$CH_3-C(=O)-H + H_2 \xrightarrow{k, t} C_2H_5OH$.

2. Oxidációs reakciók

$CH_3-C(=O)-H + [O] \rightarrow CH_3-C(=O)-OH$

3. Kimutatási reakciók

$CH_3-C(=O)-H + Ag_2O + NH_3 \xrightarrow{t,\ H_2O}$

$\rightarrow 2Ag\downarrow + CH_3-C(=O)-ONH_4$

(„ezüst tükör" reakció)

$CH_3CHO + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t}$
$\rightarrow CH_3COOH + Cu_2O + 2H_2O$.
narancsvörös

1. Reakciók fémekkel

$2CH_3COOH + Zn \rightarrow$
$\rightarrow (CH_3COO)_2Zn + H_2\uparrow$.

2. Reakciók bázisos oxidokkal

$2CH_3COOH + BaO \rightarrow$
$\rightarrow (CH_3COO)_2Ba + H_2O$.

3. Reakciók bázisokkal

$2CH_3COOH + Mg(OH)_2 \rightarrow$
$\rightarrow (CH_3COO)_2Mg + 2H_2O$;

$CH_3COOH + NH_3 \cdot H_2O \rightarrow$
$\rightarrow CH_3COONH_4 + H_2O$.

[1] Az aldehidek és savgőzök szén-dioxid és víz képződésével égnek el.

4. Reakciók sókkal

$2CH_3COOH + CaCO_3 \rightarrow$
$\rightarrow (CH_3COO)_2Ca + CO_2\uparrow + H_2O.$

5. Reakciók alkoholokkal (észterezés)

$CH_3COOH + C_2H_5OH \underset{\rightarrow}{\overset{H_2SO_4\,(tömény)}{\leftarrow}}$
$\rightleftarrows CH_3COOC_2H_5 + H_2O.$

Specifikus reakciók hangyasav részvételével:

$HCOOH + Ag_2O + 2NH_3 \xrightarrow{t,\ H_2O}$
$\rightarrow 2Ag\downarrow + (NH_4)_2CO_3;$
(„ezüst tükör" reakció)

$HCOOH + [O] \rightarrow CO_2\uparrow + H_2O;$

$HCOOH \xrightarrow{t,\ H_2SO_4\,(tömény)} CO\uparrow + H_2O.$

Előállítás

Az iparban –

$CH_2{=}CH_2 + [O] \rightarrow CH_3CHO;$

$C_2H_5OH \xrightarrow{t,\ k} CH_3CHO + H_2;$

$C_2H_5OH + [O] \rightarrow CH_3CHO + H_2O;$

$CH{\equiv}CH + H_2O \xrightarrow{t,\ Hg^{2+}} CH_3CHO.$

Laboratórimban –

$C_2H_5OH + [O] \rightarrow CH_3CHO + H_2O;$

$CH_3{-}CH\begin{matrix}Cl + H{-}OH\\ Cl + H{-}OH\end{matrix} \xrightarrow[-2HCl]{t}$

$\rightarrow \left[CH_3{-}CH\begin{matrix}OH\\ OH\end{matrix}\right] \xrightarrow{-H_2O} CH_3{-}C\begin{matrix}=O\\ H\end{matrix}$

Az iparban –

$2CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3 + 5O_2 \xrightarrow{t,\ p,\ k}$
$\rightarrow 4CH_3COOH + 2H_2O;$

$CH_3CHO + [O] \rightarrow CH_3COOH;$

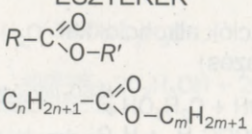
$CO + NaOH \xrightarrow{t,\ p} HCOONa \xrightarrow[-NaCl]{+HCl}$
$\rightarrow HCOOH.$

Laboratórimban –

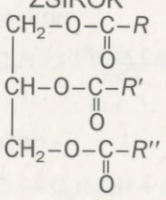
$CH_3COONa + H_2SO_4 \rightarrow CH_3COOH +$
$+ NaHSO_4.$

OXIGÉNTARTALMÚ SZERVES VEGYÜLETEK

ÉSZTEREK

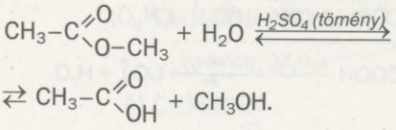


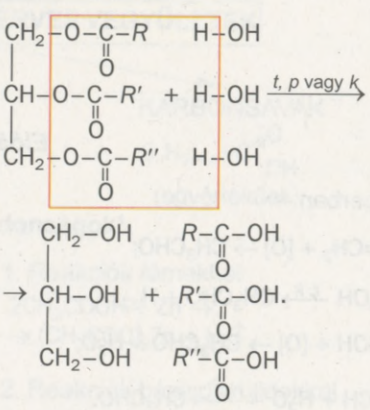
ZSÍROK



Kémiai tulajdonságok

Hidrolizáló reakciók



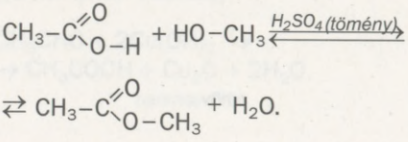


Előállítás

Az iparban –

természetes nyersanyagból nyerik ki;
oxigéntartalmú sav + alkohol ⇄ ⇄ észter + víz.

Laboratóriumban –



Az iparban –

természetes nyersanyagból nyerik ki.

—

OXIGÉNTARTALMÚ SZERVES VEGYÜLETEK

SZÉNHIDRÁTOK

MONOSZACHARIDOK

glükóz $C_6H_{12}O_6$

fruktóz $C_6H_{12}O_6$

DISZACHARIDOK

szacharóz $C_{12}H_{22}O_{11}$

Kémiai tulajdonságok

1. Hidrolizáló reakciók

—

$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow \underset{\text{glükóz}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{fruktóz}}{C_6H_{12}O_6}.$

2. Reakciók egyes bázisokkal

$2C_6H_{12}O_6 + Cu(OH)_2 \rightarrow$ (kék csapadék)

$\rightarrow \underset{\text{kék oldat}}{[C_6H_{11}O_6]_2Cu} + 2H_2O.$

$C_{12}H_{22}O_{11} + Cu(OH)_2 \rightarrow$ (kék csapadék)

$\rightarrow \underset{\text{kék oldat}}{[C_{12}H_{20}O_{11}]Cu} + 2H_2O.$

3. Oxidációs reakciók

$CH_2OH-(CHOH)_4-C(=O)-H + Ag_2O + NH_3 \rightarrow$

$\xrightarrow{t, H_2O} CH_2OH-(CHOH)_4-C(=O)-ONH_4 +$

$+ 2Ag\downarrow;$

—

$CH_2OH-(CHOH)_4-C(=O)-H + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t}$

$\rightarrow CH_2OH-(CHOH)_4-C(=O)-OH +$

$+ Cu_2O + 2H_2O.$

narancsvörös

—

4. Redukciós reakciók

$CH_2OH-(CHOH)_4-C(=O)-H + H_2 \xrightarrow{Ni}$

$\rightarrow \underset{\text{szorbit}}{CH_2OH-(CHOH)_4-CH_2OH}.$

—

5. Erjedési reakciók

alkoholos erjedés
(enzimek részvételével):

$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2\uparrow;$

—

Tejsavas erjedés (tejsavbaktériumok részvételével):

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-COOH.$$

Előállítás

Az iparban –

természetes vegyületek (keményítő, szacharózok) hidrolizálásával.

Az iparban –

növényekből (cukorrépából, cukornádból) való kinyeréssel.

Az nitrogéntartalmú szerves vegyületek kémiai tulajdonságai és előállításuk

NITROGÉNTARTALMÚ SZERVES VEGYÜLETEK

AMINOK

$C_nH_{2n+1} - NH_2$

(telített elsődleges)

$C_6H_5 - NH_2$

(anilin)

AMINOSAVAK

$R - CH(NH_2) - COOH$ (α-)

Kémiai tulajdonságok

1. Reakciók vízzel

$CH_3NH_2 + H_2O \rightleftarrows CH_3NH_3^+ + OH^-$.

A telített aminok vizes oldatai – gyengén lúgos közegek.

Az α-aminosavak vizes oldatai – majdnem semleges közegek.

2. Reakciók savakkal

$CH_3NH_2 + HCl \rightarrow [CH_3NH_3]Cl$;

$C_6H_5NH_2 + HCl \rightarrow [C_6H_5NH_3]Cl$.

$NH_2CH_2COOH + HCl \rightarrow$

$\rightarrow [NH_3CH_2COOH]Cl$.

3. Reakciók bázisokkal

—

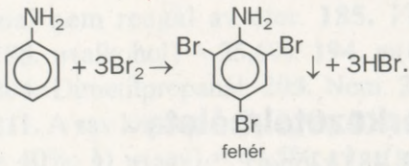
$NH_2CH_2COOH + NaOH \rightarrow$

$\rightarrow NH_2CH_2COONa + H_2O$.

4. Oxidációs reakciók

$4CH_3NH_2 + 9O_2 \rightarrow 4CO_2 + 10H_2O +$ $+ 2N_2$ (égési reakció)	—
Az anilin könnyen oxidálódik levegőn.	

5. Kimutatási reakciók

 fehér	Az α-aminosav kölcsönhatásba lép réz(II)hidroxiddal; kék oldat képződik

6. Polimerizációs reakciók

—	Di-, tri- és polipeptidek, fehérjék képződése.

Előállítás

Az iparban –	Az iparban és laboratóriumban –
$C_6H_5NO_2 + 6H \xrightarrow{Fe,\ HCl} C_6H_5NH_2 + 2H_2O$;	fehérjék hidrolizálása, mikrobiológiai
$CH_3OH + NH_3 \xrightarrow{t,\ k} CH_3NH_2 + H_2O$.	szintézis, szintetikus eljárás.

Feleletek a feladatokhoz és gyakorlatokhoz

1. rész
A szerves vegyületek szerkezetelmélete

8. Az etilalkoholban (w(C) = 0,52). **20.** 483 kJ/mol.

2. rész
Szénhidrogének

35. 1*b*, 2*c*, 3*d*, 4*a*. **37.** Az izomerek száma – 5. **38.** Az izomerek száma – 7. **39.** Az izomerek – C_8H_{18} képletű vegyületek. **40.** $\rho(C_4H_{10}) = 2{,}59$ g/l; $D_{H2}(C_4H_{10}) = 29$. **45.** V(teljes) = 86 m^3. **46.** $\eta(C_2H_2) = 40\%$. **47.** $9{,}95 \cdot 10^5$ kJ hő fejlődik. **50.** 1*c*, 2*a*, 3*b*. **54.** V(teljes) = 972 l. **55.** Savanyú só képződött. **56.** Figyeljétek meg a kémiai kötést a szerves vegyületben és az utóbbi fizikai tulajdonságait. **60.** C_6H_{14}. **62.** C_7H_{16}. **63.** C_3H_6. **66.** C_3H_6. **67.** $C_2H_4Br_2$; C_2H_6. **70.** 1*c*, 2*a*, 3*b*. **76.** Szerkezeti izomerek – 5. **77.** Pent-2-én. **78.** *a*) egy; *b*) kilenc. **86.** $m(C_2H_4) = 14$ g. **87.** C_3H_6. **88.** C_6H_{12}. **92.** Összesen – 3 izomer. **98.** *a*, *b*, *c* – C_5H_8. **102.** Ilyen vegyületekből három van. **103.** 1*c*, 2*a*, 3*b*. **104.** *a*) három vegyület; *b*) egy vegyület. **106.** Összesen négy izomer. **108.** Kilenc ilyen vegyület van. **115.** $\eta(C_6H_5NO_2) = 75\%$. **116.** C_6H_6.**117.** $\varphi(C_2H_2) = 60\%$; $\varphi(C_6H_6) = 40\%$. **120.** *a*) 1-brómpropán; *b*) 2-brómpropán; *c*) 2-brómmetilpropán. **121.** *a*) alkán – 2,2,3,3-tetrametilbután; *b*) alkán 1 – 2,3,3,4,4,5-hexametilhexán; alkán 2 – 2,2,3,4,5,5-hexametilhexán. **123.** Metilciklobután. **125.** $\eta(C_6H_6) = 60\%$. **126.** $\varphi(C_3H_6) = \varphi(H_2) = 44{,}4\%$. **127.** $V(C_2H_2) : V(C_6H_6) = 1 : 1$. **133.** C_3H_4. **136.** Metilbutin. **137.** D_{H_2} (keverékek) = 42,5.

3. rész
A szénhidrogének természetes forrásai és feldolgozásuk

141. V(teljes) = 10,25 m^3, ha $\varphi(O_2)$ a levegőben 20%. **142.** w(C) = 96,4%. **143.** 31,4 kJ hőenergia állítható elő. **150.** $n(C_8H_{18}) : n(C_7H_{16}) = 2{,}81 : 1$. **151.** Két molekula. **155.** $m(C_6H_6) = 37{,}5$ kg. **156.** m(csapadék) = 800 t.

4. rész
Oxigéntartalmú szerves vegyületek

165. Az alkoholmolekula szénatomjainak száma – 6. **167.** Metanol. **174.** w(etanol) = 6%. **175.** V(etén) = 1170 m^3. **176.** η(klórmetán) = 63,4%. **177.** $\Delta H = -1316$ kJ. **178.** Metilpropán-2-ol. **179.** C_3H_7OH. A nátriummal nem reagál az éter. **185.** $V(H_2)$ = 0,672 l. **186.** $C_3H_6(OH)_2$. **188.** w(alkohol) = 25,6%. **194.** $m(C_6H_5Cl)$ = 299,2 kg. **195.** C_6H_5OH. **204.** Dimetilpropanál. **205.** Nem. **210.** Az ilyen vegyületek száma – 4. **211.** A sav képlete – $C_5H_{10}O_2$. **212.** 2,3-dimetilbutánsav. **217.** *a*) w(sav) = = 40%; *b*) w(sav) = 44,5%; *c*) w(sav) = 49,6%. **218.** m(oldat) = 100 g. **219.** V(víz) = 2086,5 ml. **220.** w(HCOOH) = 27,7%. **228.** A savmolekula szénhidrogén-maradékában a szénatomok száma – 11. **229.** m(só) = 15,3 g. **233.** Az észternek alacsonyabb a forráspontja. **240.** $m(CH_3OH)$ = 8 g. **241.** m(oldat) = 2,7 t. **242.** m(glicerol) = 1,02 kg. **248.** m(5%-os oldat) = 150 g; m(25%-os oldat) = 50 g. **251.** η(sav) = 30%. **256.** w(C) = = 40%. **257.** m(szacharóz) = 50 g. **258.** m(cukor) = 22,2 g; m(oldat) = 177,8 g. **259.** η(glükóz) = 95%. **264.** m(etanol) = 113,6 kg. **265.** m(oxigén) = 19,2 t. **266.** 1*b*, 2*a*, 3*d*, 4*c*. **274.** m(sav) = 106 g. **275.** $w(K_2C_2O_4)$ = 46,37%; $w(KHC_2O_4)$ = 53,63%.

5. rész
Nitrogéntartalmú szerves vegyületek

282. Az ilyen vegyületek száma – 8. **284.** w(N) = 13,86%. **285.** $(CH_3)_2NH$. **286.** w(keverék) = 12,4%. **292.** Metilamin. **298.** $m(C_6H_5NO_2)$ = 305,6 kg. **307.** w(glicin) = 45,6%. **308.** m(só) = 6,35 g. **315.** m(N) ≈ 2 g. **322.** Vessétek össze a vegyületek molekuláinak összetételét és szerkezetét, funkcióit és tulajdonságait. **324.** w(P) = 9,43% .

6. rész
Szintetikus nagymolekulájú szerves vegyületek

338. *b*) $N(–NH–CO–) = 1 \cdot 10^{23}$. **339.** CClF = CF_2. **358.** m(enánt) = = 87,6 kg.

7. rész
A kémia szerepe a társadalom életében

366. $m(CaCO_3)$ = 225 kg; $m((NH_4)_2SO_4)$ = 247 kg. **372.** Nem elégíti ki. **378.** m(96%-os H_2SO_4) = 4,08 t.

Szakkifejezések szótára

α-*aminosavak* – a természetben legelterjedtebbek. Ezeknek a savaknak a molekuláiban az aminocsoport a karboxilcsoporthoz legközelebbi szénatomhoz kapcsolódik.

Alakváltozás – a folyamatos terhelés miatt bekövetkező lassú méretváltozás.

Aldehidek – szénhidrogén-származékok, amelyeknek a molekuláiban a hidrogénatomot $-C\overset{O}{\underset{H}{}}$ aldehidcsoport helyettesíti.

Alkadiének – két kettős kötést tartalmazó, nyílt szénláncú telítetlen szénhidrogén vegyületeket nevezzük.

Alkánok – nyílt szénláncú telített szénhidrogének.

Alkének – kettős kötést tartalmazó nyílt szénláncú szénhidrogének.

Alkinek – nyílt szénláncú, hármas kötést tartalmazó szénhidrogének.

Alkoholfogyasztás – súlyosan egészségkárosító tevékenység.

Alkoholok – szénhidrogén-származékok, amelyeknek a molekuláiban egy vagy több hidrogénatom hidroxilcsoportokkal van helyettesítve.

Aminok – vegyületek, amelyek úgy jönnek létre, hogy az ammónia-molekulában a hidrogénatomokat szénhidrogén-maradékok helyettesítik.

Aminosavak – szénhidrogén-származékok, amelyek molekuláiban amino- és karboxilcsoportok találhatók.

Aminosavak felhasználása – gyógyítás, polimer anyagok gyártása, állati takarmányok adalékanyagai.

Aminsók – ionos anyagok, kölcsönhatásba lépnek lúgokkal, miközben megfelelő aminokat képeznek.

Anilin – a legegyszerűbb aromás amin, képlete: $C_6H_5NH_2$. Ez színtelen, jellegzetes szaggal rendelkező, vízben kevéssé oldódó folyadék.

Anilin ipari előállítása – nitrobenzénből gyártják, kiindulási vegyülete sok anyag gyártásának.

Antioxidáns – olyan vegyi anyag, amely csökkenti az oxigén kiválását a ragasztóanyagból, ezzel meghosszabbítva a szalag élettartamát.

Arének vagy *aromás szénhidrogének* – szénhidrogének, amelyeknek a molekulái egy vagy több benzéngyűrűt tartalmaznak.

Átlagos molekulatömeg – a polimer egyik jellemzője.

Benzil – C_6H_5–CH_2– szénhidrátmaradék.

Biotechnológia – anyagok mikroorganizmusok segítségével történő átalakítása.

Bipoláris ion – a két atomján egyforma ellenkező előjelű töltést tartalmazó ion.

Biuret-reakció – peptidcsoport kimutatására szolgáló reakció.

Cellulóz – papírrost gyártásához használt vegyi anyag természetes összetevője.

Cikloalkánok – ciklikus molekulaszerkezetű telített szénhidrogének.

DNS biológiai szerepe – a szervezetben az örökletes információ megőrzése.

Dohányzás – súlyosan egészségkárosító tevékenység.

Égési hőmérséklet – az a hőmérséklet, amelynek hatására a keletkező gőz mennyisége az égést fenntartja.

Elmélet – a tények, objektumok, jelenségek közötti viszonyt és kapcsolatokat tükröző általánosító tételek halmaza a tudományban.

Észterek – karbonsavszármazékok, amelyek molekuláiban a karboxilcsoport hidrogénatomját szénhidrogén-maradék helyettesíti.

Etilalkohol – az emberi szervezetet károsító vegyület.

Etilénglikol – a legegyszerűbb kétatomos alkohol.

Fehérjék – α-aminosav-maradékokból álló, az élő szervezetekben specifikus funkciókat ellátó polipeptidek.

Fehérjék biológiai funkciói – az élő szervezetekben megvalósítják és szabályozzák az anyagcserét, a sejtek „építőanyagául" szolgálnak, az emberi és állati szervezetek a táplálékkal veszik fel a fehérjéket, amelyek bennük enzimek hatására aminosavakra hasadnak szét; minden szervezet saját magára jellemző fehérjéket szintetizál.

Fehérjeszerkezet – megkülönböztetnek elsődleges, másodlagos, harmadlagos és negyedleges fehérjestruktúrákat.

Felületaktív anyagok – molekuláik poláros és apoláros részei elősegítik a különböző felületek oldataikkal való nedvesítését és szennyező anyagoktól történő tisztítását.

Fenol – benzénszármazék C_6H_5OH, amelynek molekulájában a hidrogénatomot OH csoport helyettesíti.

Gumi – a kaucsuk vulkanizációs (kénnel együtt történő hevítés) terméke, nagyon elasztikus anyag, amelyet széleskörűen alkalmaznak számos területen, a gumihulladékok hasznosítása az egyik legidőszerűbb környezetvédelmi probléma.

Hibridizáció – az elektronok energiájának és pályáik alakjának és térbeli helyzetének kiegyenlítődési folyamata.

Hidrogénkötés – az alkoholokban, karbonsavakban képződik.

Hidrolízis – kémiai vegyület lebontása vízzel való reakcióval.

Hőre keményedő – olyan műanyagok, amelyek magas hőmérséklet hatására kémiailag átalakulnak egy keményebb, kevésbé formálható, vagy rugalmas formára. Lehűtés után a jellemzőik megváltoznak

Hőre lágyuló – olyan anyag, amely hő hatására meglágyul, majd hűtés következtében visszakeményedik, és a folyamat megismételhető.

Illékonyság – különböző bevont anyagokban, vagy nyersanyagokban található visszamaradt oldószerre vonatkozik.

Ionkötés – a szerves sókban képződő kötés.

Izomerek – azonos molekula-összetételű és -szerkezetű vegyületek.

Izoméria – az azonos molekula-összetételű és -szerkezetű vegyületek létezésével kapcsolatos jelenség.

Karbonsavak – olyan szénhidrogén-származékok, amelyeknek a molekulái egy vagy több karboxilcsoportot tartalmaznak.

Kaucsukok – növényi eredetű vagy szintetikusan előállított polimerek, gumigyártásra használják őket; jellegzetes tulajdonsága az elasztikusság, vagyis az eredeti alak visszaállása deformáció után, nagy a szilárdságuk és kopásállók.

Konformáció – térbeli alakzat, amelyet a molekula bármely atomcsoport σ-kötés körüli forgása során vesz fel.

Kopásállóság – dörzsöléssel és súrlódással szembeni ellenálló képesség.

Kovalens kötés – különböző atomok párosítatlan elektronjainak közös elektronpárba történő egyesülése révén létrejövő kötés.

Kőolaj elsődleges feldolgozása – lepárlás, benzint, petróleumot és más kőolajtermékeket állítanak elő vele.

Kőolaj másodlagos feldolgozása (*krakkolása*) – kémiai reakciók alkalmazása különböző szénhidrogének részvételével; megkülönböztetnek termikus és katalitikus krakkolást.

Környezeti hőmérséklet – a levegőnek, vagy egyéb anyagnak nem befolyásolt hőmérséklete, amely adott területen található, különösen a berendezés környezetében, általában szobahőmérséklet.

Környezetszennyezés – a természeti környezet káros ipari és háztartási hulladékokkal, valamint az atomerőművekből kikerülő sugárzó anyagokkal való szennyezése.

Lágyítószer – folyadék, vagy félfolyékony szer, amelyet bejuttatunk egy anyagba, növelve annak rugalmasságát és feldolgozhatóságát.

Makromolekulák szerkezete – megkülönböztetnek lineáris, elágazó és térhálós polimereket, kristályossági fokuk szerint – kristályos és amorf, a hevítéssel kapcsolatos viselkedés szerint – termoplasztikus és termoreaktív polimereket.

Maradandó deformálódás – gumi vagy műanyag deformálódása nyomás hatására

Markovnyikov-szabály – a szimmetrikus alkének és halogénhidrogének kölcsönhatásakor a halogénhidrogén hidrogénmolekulája a több hidrogénatomhoz kötődő szénatomhoz kapcsolódik.

Metilalkohol – erős méreg.

Metilénklorid – erős tisztító oldószer, amelyet az elektronikus iparban használnak.

Molekuláris tömeg – egy szerves molekula vagy polimer tömege.

Monomer – olyan alapvető építőelem, amelyből a polimer láncok felépülnek.

Műanyagok – polimer alapon gyártott anyagok, amelyek a melegítés, majd az azt követő lehűlés után megtartják az alakjukat.

Nagymolekulájú alkoholok – a molekuláikban 10 vagy több szénatomot tartalmazó alkoholok.

Nagymolekulájú vegyületek – molekuláikban nagyszámú, egymással összekapcsolt atomcsoportot tartalmazó vegyületek.

Nagyszénatomszámú karbonsavak – a molekuláikban 10 vagy több szénatomot tartalmazó karbonsavak.

Nedvszívó – a légköri nedvesség elnyelését jelenti.

Nejlon – poliamid műanyag, amely erős és rugalmas. A nejlon fonal kiemelkedően erős, és rendkívül jó megnyúlási jellemzői vannak.

Nukleinsavak – nagymolekulájú természetes vegyületek, amelyek a szervezetekben az örökletes információt tárolják és teremtik újjá, valamint részt vesznek a fehérjeszintézisben.

Nukleinsavmolekulák szerkezete – nukleotidokból állnak, amelyek mindegyike ortofoszforsav, monoszacharid és nitrogéntartalmú vegyület molekuláinak egy-egy maradékát tartalmazza; létezik ribonukleinsav (RNS) és dezoxiribonukleinsav (DNS), a DNS-molekula a közös tengely köré felcsavarodó két spirál alakú polinukleotidszálból, az RNS-molekula egy szálból áll.

Nyúlás – a megnyúlás mértéke, általában a terhelt anyag hossza a kezdeti hossz százalékában kifejezve.

Oldat – homogén folyékony elegyek, melyek gyakran tartalmaznak oldószerben feloldott szilárd anyagot.

Oxidáció – oxigén reakciója bármilyen anyaggal. A nyomásérzékeny ragasztóanyagok oxidáció eredményeképp először megpuhulnak, majd megkeményednek és elvesztik tapadóképességüket.

Oxigéntartalmú szerves vegyületek izomériája – a molekulák funkcionális csoportjai különbözőképpen helyezkednek el és a szénláncuk eltérő szerkezetű.

Poliészter – szívós, erős műanyag, jó ellenálló képességgel rendelkezik nedvesség, oldószerek, olaj és hőmérsékleti hatások ellen.

Polietilén – poliolefin műanyag, amelyet kevéssé nyújtható filmmé lehet préselni. Jól áll ellen nedvességnek, de hőmérsékleti hatásoknak kevésbbé.

Polikondenzációs reakció – a monomer funkcionális csoportjainak kölcsönhatása nyomán valósul meg.

Polimerek – anyagok, amelyek molekulái nagyszámú egyforma vagy különböző atomcsoportokból – monomerekből – épülnek fel.

Polimerek fizikai tulajdonságai – makromolekuláik tömegétől, elágazási fokától és relatív térbeli helyzetétől függnek.

Polimerek kémiai tulajdonságai – a többes kötések és különböző funkcionális csoportok megléte határozza meg.

Polimerizációs reakció – a monomer-molekulák összekapcsolódása a π-kötések felhasadása következtében.

Polipropilén – poliolefin műanyag a polietilénhez hasonló jellemzőkkel, de jobb hőálló képességgel, és nagyobb erősséggel.

Poliszacharidok – szénhidrátok, amelyeknek a molekulái monoszacharid-molekulák több maradékából állnak.

Polivinil-acetát – gyakran használt műanyag papír bevonásához, vagy ragasztóanyagként laminált anyagokhoz.

Polivinilklorid (pvc) – mesterséges műanyag, amelyet leginkább szalagok hátlapjaként használunk, lágyítószerrel, vagy a nélkül is kapható, melyek a ragasztószalagot rugalmassá, vagy merevvé tehetik.

Primer – olyan előkészítő bevonat, amelyet egy felületre annak érdekében viszünk fel, hogy a ragasztóanyag tapadjon ahhoz a felülethez.

RNS biológiai szerepe – a fehérjék szintézisének biztosítása.

Rostok – hosszú, rugalmas fonalak, polimer alapúak, szövetgyártásra használják a textiliparban.

Szappanok – nagyszénatomszámú karbonsavak nátrium- és káliumsói.

Szárazanyag – a nem illékony anyag tömegszázaléka ragasztóanyagban, vagy egyéb oldatban.

Szénhidrátok – a természetben legelterjedtebb szerves vegyületek, fotoszintézis eredményeként képződnek.

Szénhidrátok csoportosítása – monoszacharidok, diszacharidok és poliszacharidok.

Szénvegyületek nagy száma – az a magyarázata, hogy a négy vegyértékű szénatomok egyes és többes kovalens kötéseket képezhetnek, és különböző szerkezetű láncokká egyesülhetnek.

Szennyeződés – olyan szennyeződések, amelyek bár elenyésző mennyiségben vannak jelen, de gyakran felhasználásra alkalmatlanná teszik a terméket.

Szerves anyagok – szénvegyületek, molekuláik összetételében, a szénatomokon kívül, hidrogénatomok és néhány más elem atomjai találhatók.

Teflon – fluortartalmú műanyag, amelyet a jó hőálló képesség jellemez, általában vékony filmrétegként használják, ahol az anyagot egy éles késsel lecsiszolják, így folyamatos fóliát hozva létre.

Telített egyatomos alkoholok – alkánszármazékok, a molekuláikban a hidrogénatom hidroxilcsoporttal helyettesítődik.

Természetes rostok – növényi és állati rostok, előbbiek alapja a cellulóz, utóbbiaké fehérjék. A *műrostok* (*mesterséges* és *szintetikus rostok*) – lineáris szerkezetű polimerekből előállított rostok.

Termoplasztikus polimerek – polietilén, polipropilén, polivinilklorid, polisztirol, polimetilmetakrilát.

Többatomos alkohol – a molekulájában több hidroxilcsoportot tartalmazó alkohol.

Vegyi szennyezés – a levegő és a víz vegyi anyagokkal való szennyezése, az élelmiszerek adalékanyag-tartalma is károsítja a szervezetet.

Vinil – CH_2=CH– szénhidrogénmaradék.

Viszkozitás – a folyadék folyási képességének mérőszáma, amely a folyadékrétegek egymáson való elcsúszásánál fellépő belső súrlódást, ellenállást jellemzi, amelyik folyadéknak magas a belső súrlódása, annak magas a mérőszáma, tehát a viszkozitása.

Zsírok – glicerin és nagyszénatomszámú savak észterei.

Tárgymutató

A

Acetaldehid 157
Acetilén *lásd* Etin
Aceton 164
Adenin 259
Aldehidcsoport 156
Aldehidek 156
  tulajdonságok 158
  előállítás 161
  izoméria 157
  nevek 157
Alkadiének 78
Alkánok 36
  előállítás 98,99
  izoméria 36
  nevek 37
  fizikai tulajdonságok 44
  kémiai tulajdonságok 45
Alkének 66
  tulajdonságok 72
  előállítás 98
  izoméria 68
  nevek 67
Alkinek 80
  tulajdonságok 81
  előállítás 99
  izoméria 81
  nevek 80
Alkoholok 130
  többatomos 143
  másodlagos 130
  előállítás 139, 146
  alkalmazás 140, 147
  izoméria 132
  csoportosítás 130
  nevek 131
  egyatomos 135
  elsődleges 130
  harmadlagos 130
  fizikai tulajdonságok 136, 144
  kémiai tulajdonságok 137, 144
Amilopektin 211
Amilóz 211
Amin 232
  izoméria 233
  csoportosítás 232
  nevek 233
  fizikai tulajdonságok 237
  kémiai tulajdonságok 238
Amincsoport 232
Aminosavak 244
  izoméria 246
  csoportosítás 245
  nevek 245
  fizikai tulajdonságok 247
  kémiai tulajdonságok 248
Anilin 241
  molekulaszerkezet 241
  előállítás 243
  kémiai tulajdonságok 241
Antidetonátorok 122
Arének *lásd* Aromás szénhidrogének
Aromás szénhidrogének 86, 89
  izoméria 91
  nevek 90

B

Benzén (benzol) 87
- molekulaszerkezet 88
- előállítás 99
- fizikai tulajdonságok 93
- kémiai tulajdonságok 93

Benzin 118
Biotechnológia 241
Bipoláris ion 247

C

Cellulóz 213
Cikloalkánok 50
- molekulaszerkezet 51
- tulajdonságok 53
- előállítás 98, 100
- izoméria 52
- nevek 51

Citozin 259

D

Detonációs 120
Dextrinek 212
Dezoxiribonukleinsav (DNS) 259
Dezoxiribóz 203, 259
Diszacharidok 204

E

Elasztikusság 283
Elektronpályák hibridizációja 29
- sp-31
- sp^2- 30
- sp^8- 29

Elektronsűrűség (-felhő) 21
Elmélet 12
- szerves vegyületek szerkezete 13

Erjedés metános 214
- tejsavas 200
- esetsavas 175
- alkoholos 140, 200

Etilénglikol 132, 143
Etin
- molekulaszerkezet 31
- előállítás 99

É

Észterek 186
Etén
- molekulaszerkezet 30

Éterek 133

F

Fehérjedenaturáció 255
Fehérjék 251
- molekulaszerkezet 252
- tulajdonságok 254
- csoportosítás 252

Felületaktív anyagok 183
Fenol 149
- molekulaszerkezet 150
- tulajdonságok 151
- előállítás 154

Fenolformaldehid polimerek 280
Fenoplasztok 280
Formaldehid 157
Földgáz 114
Frakciók 118
Freonok 101
Fruktóz 201
Funkcionális csoport 9

G

Gázolaj 118
Glicerin 132, 143

Glikogén 218
Glükóz 197
molekulaszerkezet 197
tulajdonságok 198
alkalmazás 201
Guanin 259
Gumi 285

Gy

Gyanta fölötti víz 126
Gyök 38

H

Halogénszármazékok
szénhidrogéneké 101
Hidrogénkötés 24
Homológ különbség 36
Homológ sor 36
Homológok 36

I

Izomerek 15
Izoméria 15
(cisz-transz-) 52, 69
csoportközi 70
tér- 15
szerkezeti 15
Izoprén 283, 284

K

Kapron 292
Karbonilcsoport 156
Karbonsavak 166
nagyszénatomszámú 167
disszociáció 172
előállítás 175
zsír- 181
alkalmazás 176
izoméria 169
csoportosítás 166
nevek 167
egyértékű (egybázisú) 166
fizikai tulajdonságok 171
kémiai tulajdonságok 172
Karboxilcsoport 166
Kaucsukok 283
Keményítő 210
Kémiai képlet
valódi 60
legegyszerűbb 60
Ketonok 164
Koksz 125
Kokszgáz 125
Kokszolás 125
Konformáció 32, 52
Kopolimer 273
Kovalens kötés 19
hossza 21
energiája 22
többszörössége 20
polaritása 23
Kőolaj 113
krakkolás 120
lepárlás 118
Kőolaj-kísérőgáz 114
Kőszéngyanta 126

L

Laktóz 204,208
Lavszán 293

M

Makromolekula 267
Maltóz 204, 208
Markovnyikov-szabály73
Merkaptánok 103
Metánmolekula-szerkezet 28

Monomer 268
Műanyagok 276

N

Nagymolekulájú vegyületek *lásd* Polimerek
Nanotechnológia 300
Nanovegyületek 300
Nejlon 292
Nikotin 309
Nitroglicerin 195
Nukleinsavak 258
  molekulaszerkezet 260
  tulajdonságok 264
Nukleotid 258

O

Oktánszám 120
Olajpala 115

P

π-kötés 20
Pakura 118
Paraffin 44
Peptid 248
Peptidcsoport 249
Petróleum 118
Polietilén 276
Polimer átlagos értéke 268
Polimer kristályossági foka 269
Polimerek 267
  lineáris 268
  elágazó 268
  térhálós 268
  termoplasztikus 270
  termoreaktív 270
  fizikai tulajdonságok 269
  kémiai tulajdonságok 271
Polimerizációs fok 267
Polimetilmetakrilát 279
Polipropilén 76, 278
Poliszacharidok 210
Polisztirol 279
Politetrafluoretén 277
Polivinilklorid 278
Proteidek 252
Proteinek 252

R

Reakció
  biuret- 255, 256
  brómozási 72
  Würtz- 100
  halogénezési 45
  hidrogénezési 72
  dehidratációs 138
  dehidrogénezési 98
  észterezési 174
  izomerizációs 48
  xanthoprotein- 255, 256
  Kucserov- 162
  lánc- 47
  nitrálási 95
  polikondenzációs 273
  polimerizációs 272
  „ezüst tükör" 159
  klórozási 45
Ribonukleinsav (RNS) 259
Ribóz 203, 259
Rostacetát 215, 291
  viszkóz 291
  poliamid 292
  poliészter 293
Rostok 289
  csoportosítás 290
  természetes 290
  szintetikus 292

vegyi 291
mesterséges 291

S

Savhangyasav 167, 174
oleinsav 167, 180
ecetsav 167, 171
palmitinsav 168, 180
sztearinsav 168, 180

Sz

σ-kötés 20
Szabadgyök 47
Szacharóz 204
molekulaszerkezet 205
előállítás 207
alkalmazása 207
kémiai tulajdonságok 205
Szappanok 181
Szén 115
gázosítás 126
hidrogénezés 127
kokszolás 125
Szénhidrátok 196
csoportosítás 196
aromás 27, 89
aciklikus 26
alkalmazás 101
csoportosítás 26
telített 27,35
telítetlen 27, 65
ciklikus 26
Szénhidrogén-maradék 38
Szerkezeti láncszem 267
Szerves kémia 5, 26
Szerves üveg *lásd* Polimetilakrilát
Szerves vegyületek 5, 6
csoportosítás 7
nevek 7
Szintetikus mosószerek 183
Szisztematikus nevezéktan 7, 37
Sztirol 273

T

Teflon *lásd* Politetrafluoretén
Timin 259
Toluén 90

U

Uracil 259

Z

Zajcev-szabály 138

Zs

Zsírok 188
hidrolízis 191
hidrogénezés 191
előállítás 192
alkalmazás 193
csoportosítás 189
oxidáció 192
szappanosítás 191
fizikai tulajdonságok 189
kémiai tulajdonságok 190

Olvasmányok a tanulók számára

Oktatási témájú irodalom

Ардашникова Е. И. Курс органической химии для старшеклассников и поступающих в вузы/ Е. И. Ардашникова, Н. Б. Казеннова, М. Е. Тамм. — М. : Аквариум, 1998. — 272 с.

Березан О. В. Органічна хімія / О. В. Березан. — К. : Абрис, 2004.— 324 с.

Березан О. В. Хімія. Збірник задач / О. В. Березан. — Т. : Підручники і посібники, 2011. — 351 с.

Березан О. В. Хімія. Тестові завдання для підготовки до зовнішнього незалежного оцінювання / О. В. Березан. — Т. : Підручники і посібники, 2010. — 272 с.

Кузьменко М. Є. Хімія. 2400 задач для школярів та абітурієнтів : пер. з рос. / М. Є. Кузьменко, В. В. Єрьомін. — Т. : Навчальна книга : Богдан, 2001. — 560 с.

Кукса С. П. 600 задач з хімії / С. П. Кукса. — Т. : Мандрівець, 1999.— 144 с.

Слободяник М. С. Хімія : навч. посіб. / М. С. Слободяник та ін. — К. : Либідь, 2003. — 352 с.

Сучасна термінологія та номенклатура органічних сполук : навч.-метод, посіб. для вчителів та учнів загальноосвітніх навчальних закладів / [В. С. Толмачова, О. М. Ковтун, М. Ю. Корнілов, О. В. Гордієнко, С. В. Василенко]. — Т. : Навчальна книга : Богдан, 2008. — 176 с.

Толмачова В. С. Номенклатура органічних сполук : навч. посіб. / В. С. Толмачова, О. М. Ковтун, О. А. Дубовик, С. С. Фі-цайло. — Т. : Мандрівець, 2011. — 12 с.

Хімія : довід. з прикладами розв'язання задач / [А. Д. Бочева-ров, О. А. Жикол, М. В. Красовська, Д. А. Свєчкарьов]. — Х. : Веста : Ранок, 2008. — 416 с.

Хімія : завдання та тести / [В. М. Амірханов, О. І. Білодід, М. М. Верховод та ін.] ; за ред. М. Ю. Корнілова. — К. : Школяр, 2000. — 512 с.

Хімія. Тести. 8—11 класи : посібник / авт.-уклад. : І. М. Кур-макова, Т. С. Куратова, С. В. Грузнова та ін. — К. : ВЦ «Академія», 2007. — 280 с.

Tudományos ismeretterjesztő irodalom

Аликберова Л. Ю. Занимательная химия : книга для учащихся, учителей и родителей / Л. Ю. Аликберова. — М. : АСТ-ПРЕСС, 2002. — 560 с.

Базелюк І. І. Довідкові матеріали з хімії / І. І. Базелюк, Л. П. Величко, Н. В. Титаренко. — К. ; Ірпінь : Перун, 1998. — 224 с.

Бердоносов С. С. Химия. Новейший справочник / С. С. Бердоносов, Е. А. Менделеева. — М. : Махаон, 2006. — 368 с.

Большая детская энциклопедия: Химия / сост. К. Люцис. — М. : Русское энциклопедическое товарищество, 2001. — 640 с.

Василега М. Д. Цікава хімія / М. Д. Василега. — К. : Рад. шк., 1989. — 188 с.

Гроссе 9. Химия для любознательньїх. Основы химии и занимательные опыты : пер. с нем. / Э. Гроссе, Х. Вайсмантель. — Л. : Химия, 1978. — 392 с.

Егоров А. С. Химия внутри нас: Введение в бионеорганич-скую и биоорганическую химию / А. С. Егоров, Н. М. Иванчен-ко, К. П. Шацкая. — Ростов-на-Дону : Феникс, 2004. — 192 с. — (Серия «Библиотека школьника»).

Зоммер К. Аккумулятор знаний по химии : пер. с нем. / К. Зоммер. — М. : Мир, 1985. — 294 с.

Левицкий М. М. Увлекательная химия. Просто о сложном, забавно о серьезном / М. М. Левицкий. — М. : АСТ : Астрель, 2008. — 448 с.

Леенсон И. А. 100 вопросов и ответов по химии : учеб. пособ. / И. А. Леенсон. — М. : Астрель, 2002. — 347 с.

Степин Б. Д. Книга по химии для домашнего чтения / Б. Д. Степин, Л. Ю. Аликберова. — М. : Химия, 1995. — 400 с.

Химия. (Иллюстрированная энциклопедия школьника.) — М. : Мир энциклопедий, 2006. — 96 с.

Энциклопедический словарь юного химика / сост. В. А. Криц-ман, В. В. Станцо. — М. : Педагогика, 1990. — 319 с.

Энциклопедия для детей. Том 17. Химия / глав. ред. В. А. Во-лодин. — М. : Аванта+, 2000. — 640 с.

Яковішин Л. О. Цікаві досліди з хімії: у школі та вдома / Л. О. Яковішин. — Севастополь : Біблекс, 2006. — 176 с.

Kémiával kapcsolatos érdekes tudnivalókat tartalmazó internetes honlapok

http://www.alhimik.ru
http://chemistry-chemists.com
http://chemworld.narod.ru
http://www.hemi.nsu.ru
http://www.hij.ru

Tartalom

Kedves tizenegyedik osztályosok! 3

A szerves kémia alapjai

1. rész
A szerves vegyületek szerkezetelmélete

1. §. Szerves vegyületek 6
2. §. A szerves vegyületek szerkezetelmélete 11
Kíváncsiaknak. A. M. Butlerov élete és munkássága 17
§ 3. Kémiai kötés a szerves vegyületekben 19

2. rész
Szénhidrogének

§ 4. A szénhidrogének térszerkezete 27

Telített szénhidrogének

5. §. Alkánoki 35
6. §. Az alkánok tulajdonságai 43
7. §. Cikloalkánok 50
1. sz. gyakorlati munka
Szén, hidrogén és klór kimutatása szerves anyagokban 55
8. §. Szerves vegyületek képleteinek összeállításával kapcsolatos feladatok 58

Telítetlen szénhidrogének

9. §. Alkének 65
10. §. Az alkének tulajdonságai 72
Kíváncsiaknak. Alkadiének 78
11. §. Alkinek 79

Aromás szénhidrogének (arének)

12. §. Benzén. Arének 87
13. §. A benzén tulajdonságai 93
14. §. A szénhidrátok előállítása és felhasználása 98
15 §. A szénhidrogénekről szóló ismeretek összegezése 105

3. rész
A szénhidrogének természetes forrásai és feldolgozásuk

16. §. A szénhidrogének természetes forrásai 112
17. §. Kőolaj-feldolgozás 117
18. §. A szén kémiai feldolgozása 124

4. rész
Oxigéntartalmú szerves vegyületek

19. §. Alkoholok 129
20. §. Telített egyatomos alkoholok 134
21. §. Többatomos alkoholok 143
22. §. Fenol 149
23. §. Aldehidek 156
Kíváncsiaknak. Aceton 164
24. §. Karbonsavak 165
25. §. Telített egyértékű karbonsavak 170
2. sz. gyakorlati munka
Az etánsav (ecetsav) tulajdonságai 178
26. §. Nagyszénatomszámú karbonsavak.
Szappanok és szintetikus mosószerek 180

27. §. Észterek. Zsírok 186
Kíváncsiaknak. Nitroglicerin 195
28. §. Szénhidrátok. Monoszacharidok 196
Kíváncsiaknak. Ribóz és dezoxiribóz 203
29. §. Diszacharidok. Szacharóz 203
Kíváncsiaknak. Maltóz és laktóz 208
30. §. Poliszacharidok. Keményítő és cellulóz 209
Kíváncsiaknak. Az amilóz, amilopektin és cellulóz molekulaszerkezete 217
Kíváncsiaknak. Glikogén 218
31. §. Az oxigéntartalmú szerves vegyületekről szóló ismeretek összefoglalása 219
Kíváncsiaknak. Szerves vegyületek molekulaszerkezetének meghatározása színképmódszerrel 226
3. sz. gyakorlati munka
Kísérleti feladatok megoldása 228

5. rész
Nitrogéntartalmú szerves vegyületek

32. §. Aminok 231
33. §. Telített aminok. Metilamin 235
34. §. Anilin 240
35. §. Aminsavak 244
36. §. Fehérjék 251
37. §. Nukleinsavak 258

6. rész
Szintetikus nagymolekulájú szerves vegyületek

38. §. A szintetikus nagymolekulájú szerves vegyületek általános jellemzése 266
39. §. Nagymolekulájú vegyületek előállítása 272

40. §. Műanyagok. Polimerek – a műanyagok alapanyagai 275
41. §. Kaucsukok. Gumi 283
42. §. Természetes és műrostok 289
Kíváncsiaknak. Szövet vasalása 295
Kíváncsiaknak. Optikai szálak 296

7. rész
A kémia szerepe a társadalom életében

43. §. A kémia és a civilizációs fejlődés 297
44. §. A kémia az emberek életében 304
45. §. Kémia és környezet 311

Utószó 317
Függelék 318
Feleletek a feladatokhoz és gyakorlatokhoz 330
Szakkifejezések szótára 332
Tárgymutató 340
Szakirodalom 345

Навчальне видання

ПОПЕЛЬ Павло Петрович
КРИКЛЯ Людмила Сергіївна

ХІМІЯ

Підручник для 11 класу загальноосвітніх навчальних закладів
із навчанням угорською мовою

Академічний рівень

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено

Переклад з української

Перекладач *Адальберт Адальбертович Варга*

Угорською мовою

Зав. редакцією *А. А. Варга*
Редактор *А. А. Варга*
Художнє оформлення *В. М. Штогрина*
Коректор *І. О. Петро*

Формат 60x90/16. Папір офс. Гарнітура Таймс. Друк офс.
Умовн. друк. арк. 22,0. Обл.-вид. арк. 14,52. Тираж 1100 пр.
Зам. № 56П

Державне підприємство
"Всеукраїнське спеціалізоване видавництво "Світ"
79008 м. Львів, вул. Галицька, 21
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2980 від 19.09.2007
www.dsv-svit.lviv.ua
e-mail: office@dsv-svit.lviv.ua

Друк ТДВ "Патент"
88006 м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101, тел.: (0312) 66-07-03
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4078 від 31 травня 2011 р.
e-mail: upatent@rambler.ru

A kémiai elemek Mengyelejev-f

Periódusok	a I b	a II b	a III b	a IV b	a V
1	**H** 1 Hidrogén 1.00797 $1s^1$				
2	**Li** 3 Lítium 6,941 $[He]2s^1$	**Be** 4 Berillium 9,012 $[He]2s^2$	**B** 5 Bór 10,81 $[He]2s^22p^1$	**C** 6 Szén 12,011 $[He]2s^22p^2$	**N** Nitrogén
3	**Na** 11 Nátrium 22,98977 $[Ne]3s^1$	**Mg** 12 Magnézium 24,305 $[Ne]3s^2$	**Al** 13 Alumínium 26,982 $[Ne]3s^23p^1$	**Si** 14 Szilícium 28,086 $[Ne]3s^23p^2$	**P** Foszfor [Ne]3s
4	**K** 19 Kálium 39,098 $[Ar]4s^1$	**Ca** 20 Kalcium 40,08 $[Ar]4s^2$	21 **Sc** 44,956 Szkandium $[Ar]3d^14s^2$	22 **Ti** 47,87 Titán $[Ar]3d^24s^2$	23 50,941 Va [Ar]3d
	29 **Cu** 63,546 Réz $[Ar]3d^{10}4s^1$	30 **Zn** 65,41 Cink $[Ar]3d^{10}4s^2$	**Ga** 31 Gallium 69,72 $[Ar]3d^{10}4s^24p^1$	**Ge** 32 Germánium 72,64 $[Ar]3d^{10}4s^24p^2$	**As** Arzén [Ar]3d^{10}
5	**Rb** 37 Rubídium 85,468 $[Kr]5s^1$	**Sr** 38 Stroncium 87,62 $[Kr]5s^2$	39 **Y** 88,906 Ittrium $[Kr]4d^15s^2$	40 **Zr** 91,22 Cirkónium $[Kr]4d^25s^2$	41 92,906 [Kr]4d
	47 **Ag** 107,868 Ezüst $[Kr]4d^{10}5s^1$	48 **Cd** 112,41 Kadmium $[Kr]4d^{10}5s^2$	**In** 49 Indium 114,82 $[Kr]4d^{10}5s^25p^1$	**Sn** 50 Ón 118,71 $[Kr]4d^{10}5s^25p^2$	**Sb** Antimon [Kr]4d^{10}
6	**Cs** 55 Cézium 132,91 $[Xe]6s^1$	**Ba** 56 Bárium 137,33 $[Xe]6s^2$	57 **La*** 138,905 Lantán $[Xe]5d^16s^2$	72 **Hf** 178,49 Hafnium $[Xe]4f^{14}5d^26s^2$	73 180,948 [Xe]4f^{14}
	79 **Au** 196,967 Arany $...5d^{10}6s^1$	80 **Hg** 200,59 Higany $[Xe]4f^{14}5d^{10}6s^2$	**Tl** 81 Tallium 204,38 $[Xe]4f^{14}5d^{10}6s^26p^1$	**Pb** 82 Ólom 207,2 $...6s^26p^2$	**Bi** Bizmut [Xe]4f^{14}5
7	**Fr** 87 Francium [223] $[Rn]7s^1$	**Ra** 88 Rádium [226] $[Rn]7s^2$	89 **Ac**** [227] Aktínium $[Rn]6d^17s^2$	104 **Rf** [261] Rutherfordium $[Rn]5f^{14}6d^27s^2$	105 [262] [Rn]5f^{14}
Legmagasabb oxidok	E_2O	EO	E_2O_3	EO_2	E_2
Illó hidrogén-vegyületek				EH_4	EH

* LANTA-NOIDÁK	58 **Ce** 140,12 $4f^15d^1$ Cérium	59 **Pr** 140,908 $4f^35d^0$ Prazeodímium	60 **Nd** 144,24 $4f^45d^0$ Neodímium	61 **Pm** [145] $4f^55d^0$ Prométium	62 **Sm** 150,4 $4f^65d^0$ Szamárium	63 **Eu** 151,96 $4f^75d^0$ Európium	64 157 Ga
**AKTI-NOIDÁK	90 **Th** 232,038 $6d^2$ Tórium	91 **Pa** [231] $5f^26d^1$ Protaktínium	92 **U** 238,029 $5f^36d^1$ Urán	93 **Np** [237] $5f^46d^1$ Neptúnium	94 **Pu** [244] $5f^66d^0$ Plutónium	95 **Am** [243] $5f^76d^0$ Amerícium	96 [247]

s-elemek p-elemek d-elemek f-ele

féle periódusos rendszere

Elemcsoportok

b	a VI b	a VII b	a VIII b		
		(H)	**He** 2 2 Hélium 4,0026 $1s^2$		
7 14,0067 $[He]2s^2 2p^3$	**O** 8 Oxigén 15,999 $[He]2s^2 2p^4$	**F** 9 Eluor 18,998 $[He]2s^2 2p^5$	**Ne** 10 Neon 20,180 $[He]2s^2 2p^6$		
15 30,974 $3p^3$	**S** 16 Kén 32,06 $[Ne]3s^2 3p^4$	**Cl** 17 Klór 35,453 $[Ne]3s^2 3p^5$	**Ar** 18 Argon 39,948 $[Ne]3s^2 3p^6$		
V nádium $4s^2$	24 **Cr** 51,996 Króm $[Ar]3d^5 4s^1$	25 **Mn** 54,938 Mangán $[Ar]3d^5 4s^2$	26 **Fe** 55,845 Vas $[Ar]3d^6 4s^2$	27 **Co** 58,933 Kobalt $[Ar]3d^7 4s^2$	28 **Ni** 58,69 Nikkel $[Ar]3d^8 4s^2$
33 74,922 $4s^2 4p^3$	**Se** 34 Szelén 78,96 $[Ar]3d^{10} 4s^2 4p^4$	**Br** 35 Bróm 79,904 $[Ar]3d^{10} 4s^2 4p^5$	**Kr** 36 Kripton 83,80 $[Ar]3d^{10} 4s^2 4p^6$		
Nb Nióbium $5s^1$	42 **Mo** 95,94 Molibdén $[Kr]4d^5 5s^1$	43 **Tc** [98] Technécium $[Kr]4d^5 5s^2$	44 **Ru** 101,07 Ruténium $[Kr]4d^7 5s^1$	45 **Rh** 102,905 Ródium $[Kr]4d^8 5s^1$	46 **Pd** 106,4 Palládium $[Kr]4d^{10} 5s^0$
51 121,76 $5s^2 5p^3$	**Te** 52 Tellúr 127,60 $[Kr]4d^{10} 5s^2 5p^4$	**I** 53 Jód 126,904 $[Kr]4d^{10} 5s^2 5p^5$	**Xe** 54 Xenon 131,29 $[Kr]4d^{10} 5s^2 5p^6$		
Ta Tantál $5d^3 6s^2$	74 **W** 183,84 Wolfram $[Xe]4f^{14} 5d^4 6s^2$	75 **Re** 186,207 Rénium $[Xe]4f^{14} 5d^5 6s^2$	76 **Os** 190,2 Ozmium $[Xe]4f^{14} 5d^6 6s^2$	77 **Ir** 192,22 Irídium $[Xe]4f^{14} 5d^7 6s^2$	78 **Pt** 195,09 Platina $[Xe]4f^{14} 5d^8 6s^2$
83 208,980 $6s^2 6p^3$	**Po** 84 Polónium [209] $[Xe]4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^4$	**At** 85 Asztácium [210] $[Xe]4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^5$	**Rn** 86 Radon [222] $[Xe]4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^6$		
Db Dubnium $6d^3 7s^2$	106 **Sg** [266] Seaborgium $[Rn]5f^{14} 6d^4 7s^2$	107 **Bh** [264] Bohrium $[Rn]5f^{14} 6d^5 7s^2$	108 **Hs** [267] Hasium $[Rn]5f^{14} 6d^6 7s^2$	109 **Mt** [268] Meitnerium $[Rn]5f^{14} 6d^7 7s^2$	110 **Ds** Darmstadtium [271] $[Rn]5f^{14} 6d^9 7s^1$
O_5	EO_3	E_2O_7	EO_4		
H_3	H_2E	HE			

Gd $4f^7 5d^1$ delínium	65 **Tb** 158,925 $4f^9 5d^0$ Terbium	66 **Dy** 162,50 $4f^{10} 5d^0$ Diszprózium	67 **Ho** 164,93 $4f^{11} 5d^0$ Holmium	68 **Er** 167,26 $4f^{12} 5d^0$ Erbium	69 **Tm** 168,93 $4f^{13} 5d^0$ Túlium	70 **Yb** 173,04 $4f^{14} 5d^0$ Itterbium	71 **Lu** 174,97 $4f^{14} 5d^1$ Lutécium
Cm $5f^7 6d^1$ Kűrium	97 **Bk** [247] $5f^8 6d^1$ Berkélium	98 **Cf** [251] $5f^{10} 6d^0$ Kalifornium	99 **Es** [252] $5f^{11} 6d^0$ Einsteinium	100 **Fm** [257] $5f^{12} 6d^0$ Eermium	101 **Md** [258] $5f^{13} 6d^0$ Mendelévium	102 **No** [259] $5f^{14} 6d^0$ Nobélium	103 **Lr** [262] $5f^{14} 6d^1$ Laurencium

ek

Az *f*-elemek esetében az elektronképletek változó részei vannak feltüntetve

Savak, bázisok, amfoter hidroxidok, sók o

Kationok / Anionok	H^+	NH_4^+	Li^+	Na^+	K^+	Ag^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}
OH^-		O	O	O	O	—	K	K
F^-	O	O	K	O	O	O	K	K
Cl^-	O	O	O	O	O	N	O	O
Br^-	O	O	O	O	O	N	O	
I^-	O	O	O	O	O	N	O	O
S^{2-}	O	O	O	O	O	N	#	#
SO_3^{2-}	O	O	O	O	O	N	O	K
SO_4^{2-}	O	O	O	O	O	K	O	K
NO_3^-	O	O	O	O	O	O	O	O
PO_4^{3-}	O	O	K	O	O	N	K	
CO_3^{2-}	O	O	O	O	O	K	K	N
CH_3COO^-	O	O	O	O	O	O	O	O

EGYEZMÉNYES JELÖLÉSEK

«**O**» – oldódó anyag (1 g-nál több anyag oldódik 100 ml vízben)

«**K**» – kevéssé oldódó anyag (10,001 g anyag oldódik 100 ml vízben

«**N**» – nem oldódó anyag (0,001 g-nál kevesebb anyag oldódik 100

«—» – az anyag nem létezik

«#» – az anyag létezik, de reagál a vízzel (az oldhatósága nem állapí

A fémek a

Li K Ba Sr Ca Na Mg Be Al Mn Cr Z

a fémek

A savak e

$HClO_4 \approx HNO_3 \approx HI \approx HBr \approx HCl \approx H_2SO_4 > H_2SO_3 > H_3$

erős savak

közep

oldhatósága vízben (20–25 °C hőmérsékleten)

Ba^{2+}	Zn^{2+}	Mn^{2+}	Pb^{2+}	Cu^{2+}	Hg^{2+}	Ni^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Al^{3+}	Cr^{3+}
O	N	N	N	N	—	N	N	N	N	N
K	O	O	K	O	#	O		N	K	O
O	O	O	K	O	O		O	O	O	O
O	O	O	K	O	K	O	O	O	O	O
O	O	O	K	—	K	O	O	—	O	O
O	N	N	N	N	N	N	N	#	#	#
K	O	K	K	—	#	K	K	—	—	—
N	O	O	K	O	O	O	O	O	O	O
O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
N	N	K	N	#	#	N	N	N	N	N
N	N	N	N	#	—	K	N	—	—	—
O	O	O	O	O	O	O	O	—	O	O

a)
ml vízben)

tható meg)

aktivitási sora

n Fe Cd Ni Sn Pb (H_2) Bi Cu Ag Hg Pt Au

aktivitása nő

erősségi sora

$_3PO_4$ > HF > HNO_2 > CH_3COOH > H_2CO_3 > H_2S > H_2SiO_3

esen erős savak — gyenge savak