

KERESD BENNE A KÉMIÁT!

Szerkesztő: Keglevich Kristóf



Kedves Diákok!

Véget ért a 2025/2026-os tanév *Keresd benne a kémiát!* versenye. Örülök, hogy idén a legtöbb nevező lendülete végig megmaradt, sokan küldték be mind a négy fordulót. A mezőny nyertese a *Keresd*-ben már rutinos Kiss-Husza Iván, a Soproni Széchenyi István Gimnázium 11. osztályos tanulója (tanára: Nagy Anna) lett, aki a négy fordulóban összesen elérhető 120 pontból összesen 115-öt szerzett meg. 111 ponttal a második helyet érte el Németh Kolos. 109 ponttal harmadik helyezett lett Németh Ábel. Nem sokkal maradt le, 104,5-104,5 ponttal megosztott negyedik lett Horváth Márton és Kovács Milán Tamás, illetve egyaránt 103,5 ponttal az ötödik helyen végzett Nemesi Bence Miklós és Vámi Ármin. Végül 100 pontnál többet gyűjtött (101-et) Parma Abigél is. Mindannyiuknak gratulálok!

A mesterséges intelligencia nagy kihívások elé állítja a rovatot, a feladatok megoldása lényegesen kevesebb töprengést igényel. A versenyzők szorgalmán túl talán ennek is köszönhető a sok szép eredmény. Kérem, akinek jó feladatötlete van – akár tanár, akár diák, akár más szimpatizáns – írja meg a keglevich@fazekas.hu címre!

*

A 2026/1. és 2. számban kitűzött feladatok megoldása

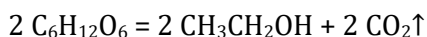
7. idézet: Szophoklész, kentaurvér, gyapjú

Az ógörög mitológiából ismert Nesszosz (egy kentaur) és vére, amit égető és mérgező tulajdonság jellemzett. A vele átítatott köntös okozta Héraklész halálát. A napsütéstől meggyulladt és elviselhetetlen kínokat okozott Héraklésznek. Nesszosz vérének modellezhetjük tömény kénsav és

kálium-permanganát keverékével (mindkét anyag ismert lehetett az ókori görög poliszokban), amely igen erős oxidálószer, sűrűn folyik, vörösvörös színe van, a gyapjú már viszonylag alacsony hőmérsékleten is meggyullad benne, és a reakciót buborékképződés kíséri. Persze a valóságban aligha léteztek kentaurok, még kevésbé valószínű, hogy bármely élőlény vére kénsav és kálium-permanganát elegye lenne, ám a Szophoklész drámájában leírtak ilyen értelemben alapulhattak a valóságban megfigyelt jelenségeken.

A tömény kénsav és kálium-permanganát reakciójában **mangán-heptaoxid (Mn₂O₇)** keletkezik, amit a szerves kémiai tankönyvek is meg szoktak említeni, és robbanásveszélyességéről is rendszeresen megemlékeznek. (Bővebben lásd *Lente Gábor: Vízilónaptej és más történetek kémiából. Bp., 2017. 81–84.*) Az emberi vér a hemoglobinnak köszönheti vörös színét, amely az artériás és vénás vérben is vas(II)iont tartalmaz kötve. (Sohasem vas(III)iont!) A feladatot megoldók számos egyéb vörös színű anyagot is megneveztek: ilyen pl. a szilárd réz (Cu), a vas(III)-oxid (Fe₂O₃), a vas(III)-rodanid (Fe(SCN)₃), a mínium (Pb₃O₄), a cseppfolyós bróm (Br₂) és kromil-klorid (CrO₂Cl₂), vagy a légnemű nitrogén-dioxid (NO₂) és a nitrozil-bromid (NOBr). Fényérzékeny anyagok pl. a salétromsav (HNO₃), az ezüst-nitrát (AgNO₃), vagy az ezüst-halogenidek.

A Szophoklész-idézethez köthetően fel kellett írni a glükózból kiinduló alkoholos erjedés reakcióegyenletét:



A gyapjú fő fehérje alkotója a keratin, aminek peptidláncai α -hélix konformációjúak. Történeti adalék, hogy a gyapjú keratinjának tanulmányozása során fedezte fel **Linus Pauling** (1901–1994) 1953-ban a fehérjeláncok **α -hélix** szerkezetét. Középszintű tanulmányaink során még kétszer találkozunk Pauling nevéhez fűződő meghatározással: a Nobel-díjas tudós vezette be az **elektronegativitás** fogalmát (1932) és ő definiálta az **oxidációs számot** (1948). Több megoldó Pauling nevéhez kapcsolta a hidrogénkötést is, holott az már az 1910-es, 1920-as években fölbukkant a szakirodalomban. Pauling alkotta meg a hibridizáció elméletét is (ami nem része a gimnáziumi tananyagának).

A gyapjúszövetből készült textíliák (amelyek előnye, hogy megfelelően szellőznek és jól tartják a hőt) csak langyos vízben, semleges kémhatású mosószerrel moshatók, és csak nedves állapotban, alacsony hőmérsékleten vasalhatók. A fehérjék savas (vagy lúgos) közegben, illetve magas hőmérsékleten károsodhatnak: kicsapódhatnak, illetve hidrolizálnak, aminosav alkotóegységeikre esnek szét.

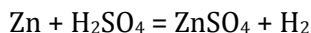
A feladatot megoldók jól vették az akadályokat, magas pontszámok születtek, bár hibátlan megoldás nem érkezett. A maximális 14 pontból 13-at ért el Kiss-Husza Iván, Németh Kolos és Szabó Áron.

(Lente Gábor, Keglevich Kristóf)

8. idézet: Kalle Blomkvist, az ifjú mesterdepektív és az arzén

Az idézetben szereplő, meglehetősen pongyola „hidrogéngáz-szerkezet” neve helyesen hidrogéngáz-fejlesztő készülék vagy berendezés. Ezek egyértelmű kifejezések, míg a „szerkezet” kétértelműsége némiképp zavarba ejtő (lehet műszer belseje, mozgatója, továbbá valamely felépítmény, struktúra, de a téma révén kémiai szerkezetre is gondolhatunk).

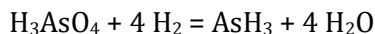
A cink a következő egyenlet szerint oldódik a kénsavban:



A **Marsh-féle arzénpróba** során az arzénhidrogén arzéntükröt eredményező hőbomlásának egyenlete:



Az arzénsav és a hidrogéngáz reakciójának egyenlete:



Marsh módszerét megelőzően az arzénhidrogént jellegzetes fokhagymaszaga alapján azonosították. Arzénmérgezés gyanúja esetén az exhumált maradványokból történő arzénkimutatásnál vigyázni kell arra – amint erre Mateu Orfila (1787–1853), a modern toxikológia atyja felhívta a figyelmet –, hogy a maradványok körüli talajból vett mintát is meg kell vizsgálni (vakpróba), mert a talaj, ill. a vizek arzéntartalma jelentős lehet. Sőt, ha mikroorganizmusok is jelen vannak, azok a

környezetinél nagyobb koncentrációban is bevihetik az arzént a szövetekbe, csontokba.

A neutronaktivációs analízis (NAA) módszere – amelynek felfedezése Hevesy György és Hilde Levi nevéhez fűződik (1936) – segítségével **Napóleon** hajtincsében sikerült arzént kimutatni. A vizsgálat nem döntött az arzénmérgezés ténye felől; szóba jött, hogy az arzén a tapétán lévő zöld festékből került Napóleon szervezetébe Szent Ilona szigetén, ahogy az is, hogy a szóban forgó arzén a rovarirtó szerekből vagy a vulkanikus eredetű, arzénban gazdag földben termesztett zöldségekből származik.

Magyarországon az alföldi **ivóvizek arzéntartalma** viszonylag magas, leginkább a délkeleti országrészben. Az érvényben lévő EU-s szabvány szerint 10 mikrogramm/liter az ivóvizekre megállapított felső határérték. (Ez elemi arzénre vonatkozik.) Ha valaki naponta 1,5 liter ilyen vizet fogyaszt (amely arzénkoncentrációja a jelenlegi határértéken van), akkor évente $365 \cdot 1,5 \text{ dm}^3 \cdot 0,000010 \text{ g/dm}^3 = 0,0055 \text{ g}$ arzén megy át a szervezetén.

Az ilyen víz 1 cseppje (0,1 milliliter) $10^{-5} \text{ g/dm}^3 \cdot 10^{-4} \text{ dm}^3 / 75 \text{ g/mol} = 1,33 \cdot 10^{-11} \text{ mol}$ As-atomot tartalmaz, ami $1,33 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{23} = 8 \cdot 10^{12}$ (8 billió) db-nak felel meg.

A penicillin felfedezéséig rendkívül jelentős szerepet játszott, életeket mentett egy arzéntartalmú szer, a **Salvarsan** (arzfenamin, dihidroxidiamino-arsenobenzol-hidroklorid). Az addig végzetes szifilisz/vérbaj gyógyítását tette lehetővé. Ez volt az első vegyület, mely módszeres tudományos kutatás révén került a gyógyításba. A 606-dik! megvizsgált arzénvegyület volt. Innen számítjuk a kemoterápia elnevezést is. A Salvarsant 1910-ben dobták piacra. Paul Ehrlich és japán asszisztense, Hata Szahacsiro fejlesztette ki.

A beküldött 16 megoldás mindegyike minimum 10 pontos lett. Kiss-Huszta Iván, Németh Ábel és Oláh Teodóra megkapta a maximális 16 pontot.

(Horváth Judit)

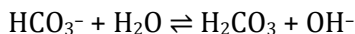
9. feladat: Rejtő Jenő és a gyomorsavhiány

A **gyomornedv** gyomorsavból (sósav), a pepszin emésztőenzim előanyagából (pepszinogén) és nyálkából áll. A sósav megteremtette

savas közeg (pH = 1–2) fertőtleníti a lenyelt anyagot, aktiválja a pepszinogént és megfelelő kémhatást biztosít a pepszin működéséhez. A savas közegben a fehérjék kicsapódnak, ami azért lényeges, mert a fehérjeláncok „széttekeredett” állapotban az emésztőenzimek számára könnyebben hozzáférhetőek, így hatékonyabban emészthetőek. Gyomorsavtúltengés esetén szódabikarbóna fogyasztását szokás javasolni. A reakció egyenlete a következő:



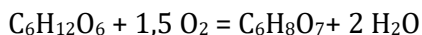
A nátrium-hidrogén-karbonát vizes oldata lúgos kémhatású, hiszen gyenge savból származó anionja lúgosan hidrolizál:



A **citromsavat** az élelmiszeriparban (E330) mindenekelőtt antioxidánsként használják, habár önállóan nincs ilyen hatása. A citromlé a gyümölcssalátában azért késlelteti az almadarabok megbarnulását, mert a savas kémhatás gátolja a különféle szóba jöhető oxidációs folyamatokat (amelyek a gyümölcsökben lévő polifenol-oxidáz enzim hatására indulnának meg). Ezenkívül a citromlében aszkorbinsav is van, ami szintén antioxidáns.

Citromsav és ecetsav is használható **vízkezelésre**. A vízkő kalcium-karbonát (CaCO_3) és magnézium-karbonát (MgCO_3) keverékének tekinthető. A citromsav erősebb sav, mint az ecetsav, amint ez savállandóikon látható ($K_s(\text{ecetsav}) = 1,8 \cdot 10^{-5} < K_{s,1}(\text{citromsav}) = 7,08 \cdot 10^{-4}$). Ezenkívül nincsen szaga, mint az ecetnek. A citromsav komplexálja is az alkáliföldfém-ionokat, miután feloldotta őket. Használata ezen okokból előnyösebbnek tűnik.

A citromsavat a vegyipar szintetikus úton cukorból kiindulva gyártja. A folyamatot, amelynek lényege a glükóz oxigén hatására bekövetkező részleges oxidációja, az *Aspergillus niger* nevű penészgomba katalizálja:



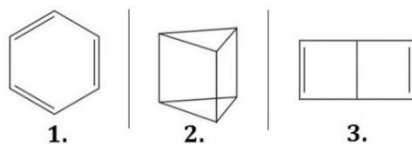
A feladatot beküldők szinte mindegyike magas pontszámot ért el, a legtöbbet Németh Ábel gyűjtötte össze: 11-ből 10,5 pontot.

10. feladat: a benzol szerkezete

A benzolmolekula szerkezetének felderítése a 19. századi kémia egyik nagy „projektje” volt. Az anyag pontos összetétele (C_6H_6) gőzsűrűségméréssel volt tisztázható (1832), ugyanis így korábban is ismert tömegszázalékos összetételén túl moláris tömege is meghatározhatóvá vált:

$$p \cdot M = \rho \cdot R \cdot T$$

A benzol szerkezetén töprengő Friedrich August Kekulé saját visszaemlékezése szerint egy alkalommal elaludt, álmában megjelent előtte a kígyóként tekergő, ficánkoló szénlánc, amely váratlanul a saját farkába harapott. Más források szerint mindez egy londoni omnibuszon történt. Mindenesetre Kekulé felrajzolta a benzolgyűrűt (1), amelyben a kettős és egyes kötések felváltva helyezkednek el. A mai napig ezt a képletet használjuk. A C_6H_6 összegképletnek és a szénatom négyvegyértékűségének Albert Ladenburg szerkezeti képlete (2) és egy James Dewarhoz köthető (3), benzolt leíró képlet is megfelel.



Mindhárom képlet elfogadása ellen szóltak érvek. Mai tudásunkkal nyilvánvaló, hogy a Ladenburg-féle szerkezet (2) óriási szögfeszültségtől terhelt: 60°-os, illetve 90°-os kötésszögek is jellemzőek rá, amittől a benzolnak rendkívül nagy reaktivitásúnak kellene lennie, ám nem az. Ugyanakkor a Ladenburg-féle képletben minden hidrogén ekvivalens, azaz ugyanolyan környezetű, mint ahogy a valóságos benzolban is. (1973-ban sikerült előállítani ezt a vegyületet, amely a prizmán nevet kapta, és valóban robbanásveszélyes anyag.) A Dewar-féle benzolra (3) is nagy reaktivitás kellene hogy jellemző legyen, kiváltképp a brómaddíció, hiszen kétszeresen telítetlen. (1963-ban ezt a vegyületet is előállították.) Ezzel szemben a benzol alacsony reaktivitása, és nem az addíció, hanem a szubsztitúció a típusreakciója. Természetesen ebből a szempontból a Kekulé-féle telítetlen molekulát ábrázoló képlet (1) is hibás. (Ennek hidrogénjei is ekvivalensek.) Kekulé úgy vélte, a gyűrűben lévő kettős kötések „áramlanak”, ezért nehezebb őket felszakítani, mint a nyílt láncú molekulákban lévő kettős kötések.

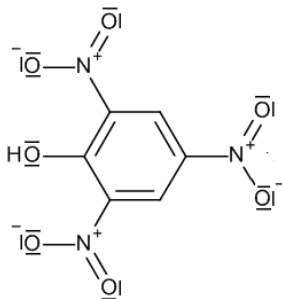
Csakugyan, a konjugált kettős kötéseknek – a kétszeres és egyszeres kötések felváltva helyezkednek el – sajátos tulajdonságaik vannak, főképpen a benzol 6 elektronból álló, gyűrűsen konjugált, aromás kettőskötés-rendszerének. A molekula alacsony reakciókészségének aromás volta az oka.

A benzol súlyosan karcinogén, azaz rákkeltő. Ez erősen visszaszorította laboratóriumi használatát, ahol korábban apoláris oldószerként alkalmazták. Karcinogén hatásában szerepet játszik, hogy könnyen a sejtek belsejébe jut. A foszfolipid kettősrétegből felépülő sejthártya belső része igen hidrofób, azaz apoláris. Ezért elsősorban kicsi, apoláris molekulák tudnak rajta könnyen átjutni (ún. passzív transzporttal), pl. az oxigén, szén-dioxid vagy rossz esetben a benzol.

Ez a feladat is könnyűnek bizonyult. Maximális pontszámot ért el Kiss-Husza Iván, Kondor Tamás, Németh Ábel, Németh Kolos és Parma Abigél.

11. idézet: Agatha Christie és a pikrinsav

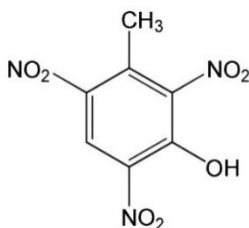
A pikrinsav (2,4,6-trinitrofenol, TNP) sárgás színű, szagtalan, szilárd halmazállapotú anyag. Erős, egyértékű sav. Molekulájában három nitrocsoport és egy fenolos hidroxilcsoport található. A három nitrocsoport is részt vesz a molekula konjugált kettőskötés-rendszerében, amely így meglehetősen kiterjedté válik.



A konjugációban részt vevő π -elektronok könnyebben gerjeszthetőek, erre a látható fény is képes. A pikrinsav sárgászöld színe tehát a konjugáció kiterjedt mértékével függ össze. A pikrinsav vízben nem oldódik túlzottan jól. Nátrium-hidroxid-oldatban nagyobb mennyiség oldódik, ugyanis a nátrium-hidroxid deprotonálja az oldatban lévő pikrinsav-molekulákat, így zavaró hatás éri a szilárd és oldott pikrinsav-

molekulák közötti oldódási egyensúlyt. Ezért a Le Chatelier-Braun-elv alapján a zavaró hatással ellentétes részfolyamat, azaz a pikrinsav oldódása erősödik fel. (Általánosságban is kijelenthetjük, hogy a rosszul oldódó savakból magasabb pH-n több oldódik.) Úgy is indokolhatunk, hogy a nátrium-hidroxid közömbösíti a pikrinsavat, ami így sóvá alakul. Ez ionos jellege miatt jobban oldódik, mint a molekulákból álló pikrinsav.

A pikrinsavat felfedezése (1771) után rövid ideig textilszínezékként, később fertőtlenítőszerként, valamint égési sérülések, malária, herpesz és himlő kezelésére is használták. Az ekrazit nevű, a 19. század végén kifejlesztett robbanószer pikrinsavat és / vagy ammónium-pikrátot ($C_6H_6N_4O_7$), illetve más források szerint trinitro-metakrezolt tartalmazott. A trinitro-metakrezol molekulája a pikrinsavétól egy metilcsoportban különbözik:



(A TNT-t, azaz a trinitrotoluolt nemigen nevezték ekrazitnak.)

A negyedik forduló feladataihoz küldött megoldások közül ezek pontszáma mutatta a legnagyobb szórást. Hibátlan megoldást küldött be Kiss-Huszta Iván.