EÖTVÖS LÓRÁND TUDOMÁNYEGYETEM
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR

Kémia a bűnüldözésben és a detektívtörténetekben

Készítette: Kosárkó Tímea
kémia - matematika tanárszak
Témavezető: Dr Wajand Judit docens
Analitikai Kémiai Tanszék

Budapest 2010

Tartalom

Bevezetés 4

I. Történelmi kitekintő 5

I. 1. Híres bűnügyek és megoldásuk a kémia segítségével 5

I. 1. 1. Az arany hamisítása 5

I. 1. 2. A méregkeverők kora 6

I. 1. 3. Valóban arzénnal mérgezték meg Napóleont? 8

I. 2. Nyomozati módszerek a kémia segítségével régen és ma 9

I. 2. 1. Alkoholszonda 10

I. 2. 2. Ujjlenyomatok keresése 11

I. 2. 3. A vér és más biológiai eredetű anyagok keresése 12

I. 2. 4. Csontok korának meghatározása 13

I. 2. 5. Mikro-anyagmaradványok 13

I. 2. 6. Lőpornyomok keresése 14

II. Bűnügyi sorozatok 16

II. 1. MacGyver 16

II. 1. 1. MacGyver kalandja a savval 16

II. 2. CSI sorozatok 18

II. 2. 1. Vérnyomok keresése 18

II. 2. 2. Kaland a luminollal 18

II. 2. 3. Az árulkodó üvegszilánk 19

II. 3. Columbo és a gyilkos, aki gyenge volt kémiából 20

III. Detektívtörténetek kémiai vonatkozásai 21

IV. 1. Kémia Sir Arthur Conan Doyle bűnügyi történeteiben 21

III. 1. 1. Sherlock Holmes és „hobbija”, a kémia 22

III. 1. 2. Kémia Sherlock Holmes nyomozásaiban 25

III. 1. 3. Arthur Conan Doyle és a kémia 31
III. 2. Agatha Christie 32
III. 2. 1. Mérgezések 33
III. 2. 2. Kábítószerek 55
III. 2. 3. Robbanóanyagok 59
III. 2. 4. Érdekességek 60
IV. „Nyomozás” az iskolában 63
IV. 2. Kísérletek 78
IV. 2. 1. Alkoholszonda készítése (85) 78
IV. 2. 2. Ujjlenyomatok előhívása jódgőzzel (86) 79
IV. 2. 3. Ujjlenyomatok keresése ezüst-nitráttal 80
IV. 2. 4 /a. A lumineszcencia vizsgálata (13) 81
IV. 2. 4 /b. Luminoltól világító vérnyomok (87) 81
IV. 2. 5. Vérnyomok kimutatása a Kastle-Meyer próbával 82
IV. 2.6. Lőpornyomok nitrit és nitrát tartalmának kimutatása (16) 85
IV. 2. 7. Elemi foszfor kimutatása Mitscherlich próbával 86
IV. 2. 8. Tollminták vizsgálata papírkromatográfiával (85) 87
IV. 2. 9. Textilvizsgálat (85) 90
Irodalomjegyzék 92

Bevezetés

A bűnügyek, az amatőr és hivatásos nyomozók munkájának megismerése, a bűntettek felderítése évtizedek, évszázadok óta ösztönzi olvasásra az embereket, köztük a fiatalabbakat, a középiskolás korosztályt is. Akár Doyle különc, de zseniális Sherlock Holmes figuráját, akár Agatha Christie történeteit nézzük, az újabb és újabb könyvkiadások, a filmes adaptációk népszerűsége azt mutatja, hogy a krimik csillaga ma is fényesen ragyog. A 20. század a mozi, a filmek térhódításának időszaka, az új évezred küszöbén főleg televízió, a sorozatok szórakoztatják a lakosságot. Különösen népszerűek a krimik: a 70-80-90-es évek bűnügyi filmsorozatai (Colombo, Murder She Wrote, MacGyver, Diagnosis Murder, Kommissar Rex) ma is nézők seregeit csalogatják a képernyők elé, s a manapság legnézettebb sorozatok éppen a bűnügyi nyomozások mikéntjét bemutató alkotások (CSI és leánysorozatai, NCIS, Numb3rs), amelyek egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek a tudományos háttérmunkák minél szakszerűbb, minél részletesebb feltárására. Ma már minden gyerek tudja, hogy egy nyomozó egymaga vajmi keveset ér a törvényszéki helyszínelők, igazságügyi orvosszakértők és más szakemberek segítsége nélkül, s neki sem árt minél több természettudományos ismeretre szert tenni.

A szórakoztató műsorok ilyen változása új lehetőségeket teremt az oktatás területén a rövidebb és a hosszabb távú célokat tekintve is. A gyermek figyelmét felkelti a „száraz”, „unalmas” jelzőkkel illetett fizika, kémia, biológia iránt, nekünk, tanároknak csak le kell ütnünk a feldobott labdát. A tanulókísérlet izgalmas nyomozássá változtatható, egy elem tulajdonságainak ismertetésénél felélesztheti az érdeklődést azzal, ha már a legelején behozunk egy – a tananyaghoz kapcsolódó – bűnügyi történetet. A dolgozat céljai között szerepel, hogy ötleteket adjunk a kémiatanároknak az órák színesebbé tételéhez – anélkül, hogy erre indokolatlanul sok időt pazarolnánk. Ha sikerrel járunk, nemcsak több figyelemtől csillogó szempár, jobb dolgozati eredmény, a szakkörösök és a versenyzők nagyobb száma és sikere lehet a jutalmunk, hanem talán több diák fogja tanulmányait természettudományos irányban vagy éppen a bűnüldözés szolgálatában folytatni.

I. Történelmi kitekintő

I. 1. Híres bűnügyek és megoldásuk a kémia segítségével

Még meg sem született a mai értelemben kémiának nevezett tudomány, de módszerei már régóta segítettek a bűntettek felderítésében – és sajnos elkövetésében is. Lássunk néhány példát a kémiának a kriminalisztikában betöltött szerepére!

I. 1. 1. Az arany hamisítása

Archimédesz és a szürakuszai király koronájának történetével diákjaink már az általános iskolai fizikaórákon találkoztak. A fáma szerint a király gyanakodni kezdett, hogy ötvösei meglopták őt és nem használták fel az összes aranyat, amit az ékszer készítéséhez kaptak. A koronát megvizsgálva úgy találták, hogy tömege pontosan megegyezik a kiadott színaranyéval, de ez nem bizonyított semmit, mert a furfangos ötvösök az ellopott aranyat más fémmel, például ezüsttel pótolhatták. A király nem szerette volna, ha a vizsgálatok során megsérül a mestermű, így a tűzi próba szóba sem jöhetett. Végül Archimédesz oldotta meg a problémát azzal, hogy kimondta tételét, amit rímekbe szedve jól ismerünk: „minden vízbe mártott test a súlyából annyit veszt, amennyi az általa kiszorított víz súlya”. Ám a bűnügy leleplezéséhez egy másik feltételezéssel is élt a híres tudós, mégpedig hogy az aranynak és az ötvözetnek más-más a sűrűsége.

A történetet elővéve megkérdezhetjük diákjainkat, hogy e két feltételezésből kiindulva hogyan bizonyítanák be, hogy valóban csalás történt.

Mérjük le a korona súlyát levegőben és vízben – mondhatja valaki. A mérések különbségéből adódik a kiszorított víz súlya, abból kiszámolhatjuk annak térfogatát, ami egyben a korona térfogata is. Végül megkapjuk a korona sűrűségét. Hasonlóan dolgozva kiszámíthatjuk a színarany sűrűségét is. Ha a két érték különbözik, bebizonyosodik, hogy a korona anyagába más fémet is kevertek, s így nem az összes arany került felhasználásra.

Ez az történet nem az első eset volt, hogy valaki a természettudományok segítségével próbált bizonyítékot találni egy vádlott bűnösségére.

Az aranyat gyakran ötvözték, és ma is ötvözik más fémekkel így elérve, hogy a belőle készült tárgy keményebb, kopásállóbb, tartósabb legyen, de módosulhat a színe is. Ám aranyszínű fémet más fémek összeolvasztásával, arany nélkül is lehet készíteni. Az ilyen módon

forgalomba hozott hamis aranypénzek kiszűrésére már az ókorban a ***tűzipróba*** módszerét alkalmazták. A tűzipróba úgy zajlott, hogy a fémeket összeolvasztották olyan anyagokkal, amelyekkel az ötvözők salakot adnak, ám az arany kis gömböcskék formájában kivált – már ha volt az ötvözetben. A tűzipróbánál alkalmazott salakképző azonban az ezüsttel nem reagált, pedig az aranyat legtöbbször éppen ezzel a fémmel szokták hamisítani. Plinius leírja, hogy a tűzipróbát módosítva végül erre is találtak megoldást, a módszert cementezésnek, az eljárást végző szakembereket ***cementes***eknek nevezték. (1)

Természetesen pénzérméket nemcsak színaranyból vertek, a különböző fémek ötvözésével készült darabok is igen elterjedtek voltak. Ezek pontos összetételére is figyelni kellett, nagyon nem volt mindegy, hogy mennyi nemesfémet tartalmaztak. Így a cementesek feladata nem csupán a hamisítások leleplezése volt, hanem olyan kémikusok voltak, akik az arany és ezüst finomításával, illetve az arany ezüsttel, rézzel való ötvözésével is foglalkoztak. (2)

Hazánk több kitűnő cementessel is büszkélkedhet, akik olyan hajdani aranybányák közelében dolgoztak, ahol pénzverde is működött: úgymint Körmöcbánya, Nagybánya és Nagyszeben. Közülük talán a leghíresebb Kolozsvári Cementes János, aki a 16. század során tevékenykedett, és naplójában a nagybányai aranyverő és finomítóban tapasztalt visszaélésekről számol be. Írásai tanúsága szerint Kolozsvári Cementes kémiai érdeklődése nem korlátozódott kizárólag a nemesfémekre. Sokféle recepttel találkozhatunk a tintától a hamuzsírfőzésig, még az aranycsinálásra is akadt ötlete, amit feltehetően Aquinói Szent Tamástól vett át, és fordított magyarra. (2)

I. 1. 2. A méregkeverők kora

A leghírhedtebb méregkeverők valószínűleg a Borgiák voltak, akik a feltételezések szerint sokak halálát okozták a 15. század végi Olaszországban. Rodrigo Borgia bíboros nem volt éppen erkölcsös ember, két törvénytelen gyermeke, Cezare és Lucrezia örökölték apjuk kellemetlen természetét. A szőke szépség három férjet is eltemetett, és a rossz nyelvek szerint egyesek halálához neki is volt köze, de valójában nincs bizonyíték rá, hogy valóban méregkeverő lett volna.

1503-ban egy lakomán vendégeskedve az addigra VI. Sándor néven pápává választott Rodrigo Borgia és Cesare is megjelent. Másnap a két Borgia és több más vendég is rosszul

lett. Talán maláriás fertőzést kaptak, de megindult a pletyka, hogy mérgezett bort itattak velük. A hetvenkét éves Sándor teljesen megfeketedett és felpuffadt testtel meghalt, ám a huszonnyolc éves Cesare négyheti súlyos betegség után életben maradt. Más szóbeszéd szerint talán rosszul fordították a tálakat és nem a kiszemelt személyek estek áldozatul.

A Borgiák Spanyolországból magukkal hoztak olyan személyeket, akik különleges mérgeket ismertek, és értettek a módját, hogyan kell ezeket alkalmazni, hogy az ne keltsen gyanút. Különösen az ásványi mérgek érdekelték őket, melyek arzént vagy higanyt tartalmaztak, de ezeket gyakran kombinálták növényi vagy állati eredetű termékekkel, amelyekről azt gondolták, hogy a hatást erősítik. Állítólag Spanyolországban tartózkodó arab alkimistáktól azt is eltanulták, hogyan kell vizeletből foszfortartalmú termékeket előállítani. A Borgiák leghírhedtebb mérge a la cantarella volt, egy csaknem íztelen fehér por, amely ételbe, italba keverve észrevétlen marad. A egy olasz asztrológus-kémikust alkalmaztak, aki higannyal, arzénnel, foszforral és számos növényi méreggel kísérletezett.

A Borgia család kétes tradícióit később olyan gátlástalan személyek folytatták, mint a francia Marie Madeleine d–Aubray, Catherine Deshayes, vagy az olasz La Toffana asszony. Ez utóbbi hölgy olyan színtelen, ízetlen oldatot árusított, amelyből 4–6 csepp már halált okozott. A készítmény kis fiolákban hozták forgalomba, amelyet Szent Miklós képe díszített, és Aqua Toffana, Aquetta du Napoli vagy Szent Miklós mannája néven híresült el. Valószínűleg arzén(III)-oxidot tartalmazott. Az asszonyt, akinek több száz ember halála száradt a lelkén végül elérte az igazságszolgáltatás, és 1709-ben kivégezték.

A 15–17. századi Franciaország és Olaszország tele volt méregkeverőkkel és mérgekkel végrehajtott politikai gyilkosságokkal. Ezt az időszakot találóan arzén-korszaknak nevezik, noha az arzén csak egyike volt az akkor használt szereknek. (3)

Az arzén igen népszerű méregnek számított, ennek egyik oka, hogy hatásai hasonlítottak gyakori betegségek tüneteire, a mérgezés bizonyítására sokáig nem sikerült megoldást találniuk. Végül James Marsch módszere terjedt el, amellyel nagy érzékenységgel kimutatható az arzén, illetve a szintén mérgező antimon.

1836-ban James Marsch angol vegyész Scheele ötletét továbbfejlesztve kidolgozott egy eljárást, amellyel nagy pontossággal kimutatató, hogy van-e arzén a mintában.

Az arzén-trioxidot savban feloldotta, cinket adott hozzá, ekkor fokhagymaszagú gáz képződött. Scheele a XVIII. század végén ezt a gázt már bizonyítékként mutatta be a bíróságnak, amely akkor nem fogadta el. Marsch a fejlődő gázt egy üvegcsőbe vezette, amely alá lángot tett. A cső vége elé porcelántálkát tett, az erre kivált fémtükör a fém arzén. (1)

A következő reakciók játszódnak le:

$$As_2O_3 + 6\ Zn + 12\ HCl \rightarrow 6\ ZnCl_2 + 3\ H_2O + 2\ AsH_3$$

$$AsH_3 \rightarrow As + 3/2\ H_2\ (4)$$

Később kiderült, hogy a ***Marsch-próba*** bár igen érzékeny, de nem jellemző módszer, ugyanis az antimon – amely a periódusos rendszerben közvetlenül az arzén alatt található – ugyanígy kiválik. (1)

$$Sb_2O_3 + 6\ Zn + 12\ HCl \rightarrow 6\ ZnCl_2 + 3\ H_2O + 2\ SbH_3$$

$$SbH_3 \rightarrow Sb + 3/2\ H_2$$

A fémtükröt feloldva azonban az arzénsav ammóniás ezüst-nitrát oldattal sárga csapadékot (ezüst-arzenát) képez, ezt a reakciót az antimon nem adja.

$$As + cc.\ HNO_3 \rightarrow H_3AsO_4$$

$$Ag(NH_3)_2^{+} + AsO_3^{3-} \rightarrow Ag_3AsO_3 + 2\ NH_3$$

I. 1. 3. Valóban arzénnal mérgezték meg Napóleont?

Napóleon Bonaparte halálával kapcsolatban már röviddel a szomorú esemény bekövetkezte után felmerült az idegenkezűség gyanúja. A császárt a waterlooi csata után ellenfelei elővigyázatosságból az Atlanti-óceán szigetére, Szent Ilonára száműzték, ahová 1815-ben érkezett meg.

Korábbi betegségei mellé 1817-től májbántalmak is társultak, ami nem meglepő, mert anyai ágon is előfordultak a családjában májproblémák. A sziget nedves éghajlata, a rossz minőségű ivóvíz, a maláriát és vérhast terjesztő szúnyogok, de maga az egykori császár életmódja is egyre inkább legyöngítették egészségét. Végül 1821-ben küldtek hozzá egy angol orvost, aki félrediagnosztizálta, Bonaparte panaszait hipochondriának tartotta, ám betege rövidesen elhunyt.

A manapság elfogadott vélemény szerint Napóleon halálát nem mérgezés, hanem betegség okozta. A természetes halálra voksolók szerint gyomorrák végzett a diktátorral, mert a boncolási jegyzőkönyv szerint a gyomor elüszkösödött és kilyukadt, illetve apai ágon előfordultak gyomorbántalmak a felmenői között. A mérgezés hívei úgy gondolják, hogy az angolok az Elba szigetéről való visszatérése óta szisztematikusan mérgezték arzénnal. Ez utóbbi vélemény mellett szól, hogy az egykori uralkodó gyakorta küzdött alvászavarokkal, illetve a halála után lemetszett és néhány korábbi hajmintáiban jelentős mennyiségű arzént találtak. Bár a haj arzéntartalma többszöröse a normálisnak, ez mégsem utal egyértelműen idegenkezűségre. Egyes feltételezések szerint arzéntartalmú gyógyszereket használt – melyek valóban elterjedtek voltak akkoriban -, de napvilágot láttak olyan vélemények is, hogy a szobája falikárpitjának arzéntartalmú festékanyagai révén került arzén Napóleon szervezetébe. (1)Thomas Hindmarsh doktor, az Ottawai Egyetem munkatársa szerint a kétkedő, brit orvos okozta a tragédiát azzal, hogy túladagolta a hashajtóként alkalmazott kalomelt – azaz higany(I)-kloridot. (5)

A legutóbbi hivatalos állásfoglalás szerint. 2008-ban az Olasz Nemzeti Magfizikai Intézet munkatársai a neutronaktivációs módszer segítségével megállapították, hogy a halált nem mérgezés okozta. A kutatók Napóleon fiának több, különböző életkorából származó hajmintáját és nejének, Jozefina császárnénak egy hajtincsét vizsgálták összehasonlítva néhány ma élő ember hajával, és meglepő felfedezéseket tettek. Kiderült, hogy a mintegy kétszáz évvel korábban élt emberek hajában az arzénkoncentráció többszöröse – 100-szorosa! – a mainak, így a császár hajában kimutatott 10 ppm-es arzénkoncentráció átlagosnak számít. (6)

A aktivációs elemzés lényege, hogy a mintát atomreaktor vagy más sugárforrás segítségével radioaktívvá teszik, az így sugárzóvá tett elemek atomjai rájuk jellemző fajtájú és energiájú sugárzás bocsátanak ki, ennek alapján felismerhetőek. (1)A módszernek több előnye van: nem semmisül meg a bizonyíték a vizsgálat során, igen kis mennyiségű minta is elég, hogy nagy pontossággal megállapítható legyen a vizsgált anyag összetétele. (6)

I. 2. Nyomozati módszerek a kémia segítségével régen és ma

Manapság egyre elterjedtebb műszeres analitikai vizsgálatoknak köszönhetően a bűnügyi technológus gyakran csak beteszi egy gépbe a mintát – ahogy azt a CSI sorozatoknál is

láthatjuk –, és a számítógép pillanatok alatt megjeleníti az eredményt, a vizsgált anyag pontos összetételét.

A 20. század során rengeteg olyan módszer fejlődött ki, amelynek segítségével korábban elképzelhetetlen eredményeket képesek produkálni a nyomozók munkáját segítő szakértők. A DNS-vizsgálatok révén rendkívül nagy valószínűséggel megállapítható, kié a helyszínen talált hajszál, vérfolt vagy nyálminta. A legforradalmibb eredmények közé tartozik, hogy manapság már olyan módszereket használnak, amellyel nemcsak hogy kevés mintából is nagy pontossággal tudnak méréseket végezni, de a bizonyíték gyakorlatilag sértetlen állapotban megőrizhető.

A hazánkban működő Bűnügyi Szakértői és Kutatóintézet munkatársai olyan műszereket használnak, mint speciális optikai mikroszkópok, pásztázó elektronmikroszkóp (SEM), energiadiszperzív röntgen-spektrométer (SEM-EDS), FTIR spektrofotométerek, infravörös mikroszkóp, mikroszkópi Raman spektrofotométer és más eszközök. (7)

A műszerek nem szorították ki azonban teljesen a „régi" módszereket. Ennek oka, hogy ezekre gyakran van szükség; gyorsan, egyszerűen elvégezhetőek; nem szükséges a helyszínre szállítani a drága és nehéz berendezéseket, így különösen gyakori használat esetén használatuk költséghatékonyabb. Például ha meg kell mondani, hogy a minta lehet-e vér, vagy ha nagyobb felületen kell biológiai eredetű anyagnyomokat keresnünk. A továbbiakban ezekből a módszerekből nézünk meg néhányat.

I. 2. 1. Alkoholszonda

Közúti ellenőrzéseknél gyakori, hogy a rendőrség szeretne meggyőződni arról, hogy a gépjármű vezetője fogyasztott-e alkoholt. Hazánk 2008. január 20-ától a zéró tolerancia elvét követve azonnal bünteti azt a sofőrt, akinek szervezetében alkoholt találnak. (8) Hogy ez egyértelműen kiderüljön, lehetne vérvizsgálatot használni, de van ennek gyorsabb és költségkímélőbb módja is.

A Rendőrség a Spiratest típusú alkoholkimutató indikátorcsövet (alkoholszondát) és a Lion Alcometer SD-400 típusú kézi elektromos alkoholmérő berendezést használja a vezetést megelőző alkoholfogyasztás helyszíni ellenőrzésére, illetve bizonyítására. Az eszközök a kilélegzett levegő etil-alkoholtartalmát érzékelik. Az elektromos eszköz alkalmas a

légalkohol-koncentráció numerikus kijelzésére. A Spiratest alkoholszonda töltete a rajta átfújt levegő alkoholtartalmától az eredeti sárgáról zöld színűre változik. Minél nagyobb az átfújt levegő légalkohol koncentrációja, annál hosszabban és mélyebb zöldre változik a cső töltete. (9)

Az alkoholszonda működésének lényege, az a redoxi reakció, amely a narancssárga színű ***bikromát***ionok és az etanol között játszódik le. A bikromátionban lévő króm +6-os oxidációs számból zöld színű Cr^{3+}-ionná redukálódik, miközben az etanol ecetsavvá oxidálódik.

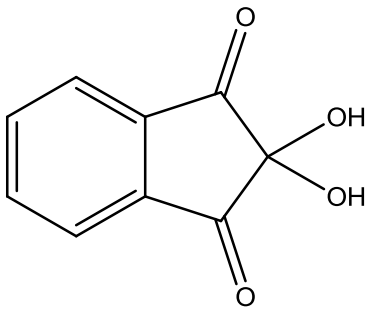
I. 2. 2. Ujjlenyomatok keresése

Ujjlenyomatok gyakran keletkeznek, de normál körülmények között, fehér fénnyel megvilágítva nem mindig látjuk őket. A vérben vagy festékben megmaradt nyomok könnyen észrevehetőek, ezeket „látható nyomoknak" hívják, a rugalmasabb anyagokban (például agyagban vagy élelmiszerben) találhatóakat „térfogati nyomoknak". Legtöbbször szabad szemmel nem látható, úgynevezett „látens nyomokkal" lenyomatokkal találkozunk, ezeket elő kell hívni valamiképp. (10)

A látens lenyomatokban lévő verejtékminták láthatóvá tehetők, ha megfestjük őket bizonyos kémia porokkal. Hogy milyen port válasszunk, az részben a felület típusától függ, ahol a lenyomat található, és részben attól, hogyan szeretnénk megőrizni. Például ***grafitpor***t használhatunk fehér vagy világos felületen, ***krétapor***t vagy titán-dioxidot sötét anyagon, ***alumíniumpor***t tükröződő felületeken (fémen vagy tükrön) alkalmazhatunk. A helyszínelő-sorozatokban is megfigyelhetjük, amint a nyomozó ecsettel felviszi a megfelelő színű port a felületre, és fényképeket készít róluk. Néha azt is láthatjuk, hogy egy ragasztós felületű átlátszó fólia segítségével leveszi a megfestett ujjlenyomatokat, és egy lapot ráragasztva rögzíti azokat. (11)

Az ujjlenyomatban található verejték és más olajok olyan anyagokat tartalmaznak, amelyek megfelelő megvilágítás hatására (bizonyos UV-fényben) fluoreszkálnak. A ***fluoreszcencia*** az anyag által kibocsátott sugárzás – például látható fény formájában – akkor, ha az anyag külső sugárzásnak van kitéve. Az anyag elnyel egy bizonyos hullámhosszú (energiájú) sugárzást, és mindig ennél nagyobb hullámhosszú (tehát kisebb energiájú) fényt bocsát ki helyette. Az elnyelt és kibocsátott foton energiája közötti különbség vibrációs energiává vagy hővé alakul.

Előhívható a látens ujjlenyomat előhívható úgy is, hogy vegyszerekkel kezeljük a felületet. A ***ninhidrin*** (1,2,3-indántrion-hidrát) színtelen, kristályos vegyület, az aminosavakkal reagálva ibolyásvörös színreakciót ad, és még nagyon régi ujjlenyomatok is előhívhatóak vele.



Ninhidrin

Az ***ezüst-nitrát*** oldattal kezelt felületen napfény hatására percek alatt feketén kirajzolódik az ujjlenyomat. Az ezüst-nitrát ugyanis reagál a verejték konyhasójával, ezüst-klorid keletkezik, ami napfény hatására fémezüstre bomlik. (12)

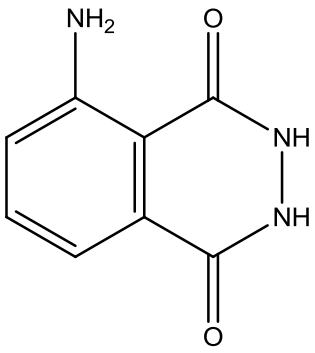
A ***cianoakrilát*** (a pillanatragasztó anyaga) gőzökkel kezelt felületen is kirajzolódnak az ujjlenyomatok.

I. 2. 3. A vér és más biológiai eredetű anyagok keresése

Az egyik legismertebb és leggyakrabban alkalmazott módszer, ***Kastle-Meyer próba***[1] egy katalitikus vérteszt, egyike a bűnügyi laborokban használatos vérkimutatási törvényszéki vizsgálatok két fő osztályának. Az e célú vizsgálatok másik osztálya mikrokrisályos tesztek, úgymint a Taichmann-féle kristályteszt és a Takayama kristályteszt.

Igen látványos eredményt hoz a ***luminol*** nevű anyag alkalmazása. A bűnügyi filmekben, sorozatokban láthatjuk, ahogy a luminolt tartalmazó oldattal befújt felületen kékes fénnyel kirajzolódnak a vér szabad szemmel láthatatlan nyomai. A jelenség mögött a kemilumineszcencia áll, amely alatt olyan fényjelenséget értünk, ahol a kémiai reakció során gerjesztett molekula keletkezik, amely fény kisugárzásával kerül vissza alapállapotba. Nemcsak a luminol mutatja ezt a jelenséget, ám mégis igen ritkán figyelhető meg. Ennek oka, hogy a látható fény energiája jóval nagyobb, mint a szokásos kémiai reakciók aktiválási energiája, tehát abban az esetben tapasztalunk kemilumineszcenciát, amikor a keletkező termék már módon nem képes továbbalakulni. (13)

[1] Lásd Kísérletek



Luminol

I. 2. 4. Csontok korának meghatározása

Emberi maradványokat időnként csontok formájában találnak. Ilyenkor a csontok kémiai összetételének elemzésével állapítják meg a halál idejét. Ebben a nitrogénveszteség mérése segíthet, az úgynevezett FUN-elemzés. A betűk fluorra, uránra és nitrogénre utalnak. A csontok fehérjéinek mintegy 90%-át kollagén teszi ki, ez egy fehérje, így tartalmaz nitrogént. Ennek lebomlása, illetve a talajban lévő vízből származó urán csontokba való beépülési aránya adja a halál beállta óta eltelt hozzávetőleges időt. A csontok nitrogéntartalmának mérésére a ***Kjeldahl-módszer***t használják, Melynek alapja, hogy a szerves vegyületeket savas közegben roncsolják, majd a keletkező ammónia mennyiségét titrálással határozzák meg.

A mérés nagyon pontos, de ennek segítségével mégsem határozható meg pontosan a maradványok kora, csak közelítő eredményt kapunk. Ennek oka, hogy nem ismerjük pontosan az időegység alatt a csontokból távozó nitrogén mennyiségét. A hőmérséklet és a talaj víztartalma is befolyásolja. (14)

I. 2. 5. Mikro-anyagmaradványok

Gyakran előfordul, hogy olyan nyomra bukkannak a helyszínelők, ami nem tartozik bele a fenti kategóriákba. Első látásra egészen közönséges anyagok, gyakran nem mutatnak közvetlenül bűncselekményre, mégis segítenek a nyomára bukkanni az elkövetőnek, esetleg azonosítani az áldozatot.

„Ha két tárgy érintkezik egymással, akkor minden esetben történik anyagátadás…”mondta a francia Sherlock Holmesként emlegetett, Dr. Edmond Locard a 20. század elején felhívva ez által a figyelmet a bizonyítékok gyűjtésének és értékelésének egy új irányára, pontosabban mérettartományára. (14)

A környezetünkben található tárgyak a használat során kopnak, és kisebb-nagyobb, akár mikroszkópikus méretű vagy kisebb anyagdarabkák válnak le róluk. Bár ezek az anyagdarabkák nagyon kicsik, mégis magukon viselik a származási helyük jellegzetességeit. Ezek a darabkákat a mindennapi életünk során tömegével kerülnek ruházatunkra is, kicseréljük környezetünkkel, és visszük tovább mindenhová, ahol járunk. Ez a jelenség egy bűneset felderítése kapcsán is hasznos lehet. A bűncselekmény közben a tettesről mikroszkópikus vagy nagyobb méretű anyagdarabkák kerülnek az áldozatra, és fordítva: az áldozatról a tettesre, ezt a jelenséget nevezzük nyomkereszteződésnek. (1)

Lehet szó akár üvegről, kőről vagy kerámiáról, egy darabka sárról, textilszálról, növényi magvakról, festéknyomokról vagy pollenről, ezek a jelentéktelennek tűnő apróságok mind-mind segíthetnek kideríteni az igazságot. Ezért a mikroszkóp a nyomozók elengedhetetlen munkaeszköze. A helyszínelő-sorozatokban gyakran láthatunk olyat, hogy egy ritka növény darabkája vagy egy különleges összetételű szövetszál vezeti nyomra a rend őreit.

A Bűnügyi Szakértői és Kutatóintézet munkatársai a valóságban leginkább festék-, fém- és üvegmaradványok, textilszálak, beszáradt festékek, ragasztók, gumik, műanyagok, olajok, vegyszerek, gyógyszerek maradványai után kutatnak. (7)

I. 2. 6. Lőpornyomok keresése

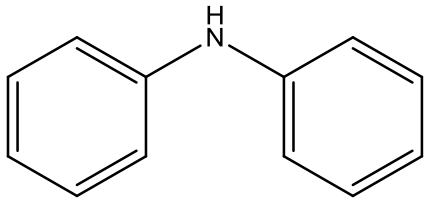
Ahhoz, hogy tudjuk, milyen anyagok után kell kutatnunk, nézzük meg, mi a lőpor és miből is áll. A lőpor olyan robbanóanyag, melynek robbanása közben nagy mennyiségű gáz keletkezik. Ez a hirtelen térfogatnövekedés akkora nyomást gyakorol a fegyver csövét elzáró lövedékre, hogy az erőhatás hatására nagy sebességgel hagyja el a fegyvert.

A lőport, pontosabban a feketelőport kínai alkimisták találták fel, és mohamedán közvetítéssel került Európába. Körülbelül 75% kálium-nitrátot, 15% szenet és 10% kenet tartalmaz, 300°C körül gyullad, és füstje halványfehér. A harctereken felszaporodó füst akadályozta a látási viszonyokat, erre a füstnélküli lőpor feltalálása jelentett megoldást, ami cellulóznitrát alapú.

Amikor elsütnek egy fegyvert, a töltényekben található lőpor nem ég el egészen, hanem parányi részecskéi minden irányban szétszóródnak. Jut belőle a lövést leadó kezére és ruhájára is. A lőpornyomok levételéhez a celluxhoz hasonló ragasztós anyaggal bevont fóliát

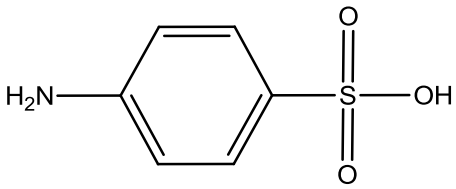
használnak. Az erre tapadt nyomokat elemzik nitritek és nitrátok, illetve ólom, bizmut és antimon után kutatva. (15)

A nitritek és nitrátok kimutatására korábban a ***paraffin teszt***et használták. Ez a kénsavban feloldott difenilamin és a nitritek, nitrátok reakcióján alapul, ám nem specifikus, rajtuk kívül még számos anyaggal reagálnak. Például kromátokkal, bikromátokkal, jodátokkal, egyes fémoxidokkal is hamis pozitív eredményt adnak. A módszerrel tehát csak azt tudjuk bebizonyítani, hogy a gyanúsított nem adhatta le a lövést, ezt is csak akkor, ha megbizonyosodtunk róla, hogy a fegyver elsütése óta nem mosott kezet. (11)



Difenilamin

A későbbiek folyamán a nitritek és nitrátok kimutatására a ***Griess-Ilosvay teszt*** (nyugati irodalmakban Griess teszt) terjedt el. Ez úgy zajlik, hogy a vizsgált oldathoz szulfanilsavat adnak savas közegben, majd gyorsan utána α-naftilamint. Nitritek jelenlétében ez pirosas színreakciót ad. A nitrátionokra a módszer közvetlenül nem alkalmas, a nitrátokat előzőleg nitritionokká kell redukáltatnunk, például ecetsavas közegben fémcinkkel. (16)



Szulfanilsav

II. Bűnügyi sorozatok

II. 1. MacGyver

A ’80-as évek közepétől kezdték forgatni a MacGyver című amerikai sorozatot, melyet hazánkban néhány évvel később vetített a televízió. A címszereplő egy kormányszerv megbízásában álló férfi sajátos módszerrel dolgozik: fegyvert sohasem használ – nem is tart magánál –, bajba kerülve szerteágazó természettudományos ismereteit veti latba. Bármilyen kézközelben lévő hétköznapi használati tárgy elég – no meg egy csipetnyi fizika, kémia, eszköz- és anyagismeret, kézügyesség –, és ő a másnak kilátástalannak tűnő helyzetre máris megoldást talál. Az olyan ezermesterek képességeire, akik leleményességükkel szinte bármiből bármit össze tudnak fabrikálni, a sorozat ihletésére az amerikaiak külön szót alkotak: *macgyverialism*. (17)

II. 1. 1. MacGyver kalandja a savval

Az első széria első részében is olyan kalandba bonyolódik, amelyben segít a kémia. Nem kell bonyolult dolgokra gondolnunk, a szervetlen kémiában jártas középiskolás diákjaink is rendelkeznek ezen ismeretekkel.

Egy föld alatti kutatólaboratóriumban robbanás történt. Többen életüket veszítették, de akadnak túlélők is a romok alatt. A legnagyobb baj, ami miatt nem engednek le mentőcsapatokat, hogy a detonáció során megsérült egy jókora, erős savat tartalmazó tartály is, a szivárgó sav további, még súlyosabb balesetek forrása lehet. A veszély megszüntetésére a hivatalos szervek nátrium-hidroxidot akarnak a laboratórium roncsaiba vezetni, ám adnak néhány óra haladékot. Utolsó reménységként MacGyvert kérik fel, hogy ereszkedjen le, mentse meg a túlélőket, és szerezzen információt arról, hogy valóban baleset történt vagy netán szabotázs. Hősünk vállalja a veszélyt annak tudatában is, hogy ha nem ér fel időben, a lúgot akkor is elindítják.

Megérkezvén a baleset helyszínére MacGyver magához vesz néhány tábla csokoládét – ami a későbbiek során nagyon hasznosnak bizonyul. A szivárgó tartályhoz érve ugyanis a csokoládé segítségével egy időre sikerül befoldani a repedést, értékes perceket nyerve ezáltal a küldetés teljesítésére.

A történetet elmesélve – esetleg néhány rövid részletet levetítve – több kérdést is feltehetünk a diákjainknak a sav-bázis reakciók tárgyalásának összefoglaló, gyakorló órán.

Könnyű kitalálni, mi lehetett a megsérült tartályban. A savval érintkezésbe lépve a csokoládé cukortartalma elszenesedik, a keletkezett szén lelassítja a további szivárgást. Természetesen ez a sav a tömény kénsav.

Több kreativitást igényel egy másik kérdés megválaszolása. A hivatalos szervek nátrium-hidroxiddal akarják megakadályozni a sav roncsoló hatását, amiről megállapítottuk, hogy nagy valószínűséggel kénsav. Mi azonban más olyan anyagot is ismerünk, ami alkalmas lehet. Ezeket lúgos kémhatású anyagoknak, vagy bázisoknak hívjuk, a reakció neve pedig közömbösítés. Kérjük meg diákjainkat, hogy hozzanak fel minél több példát lúgokra, és írják fel a kénsavval való reakciójuk egyenletét! Nézzük meg, milyen előnyei és hátrányai lennének az egyes példák alkalmazásának a MacGyver által átélt kaland során! Például használhatunk szódabikarbónát ($NaHCO_3$) vagy szódát ($NaCO_3$) a közömbösítésre. Ezek előnye, hogy gyengébb bázis lévén sokkal kevésbé erélyes hatásúak, mint a nátrium-hidroxid, így kevesebb kárt okoznának a laboratórium szerkezetében és eszközeiben, és alkalmazásuk is egyszerűbb – tudjuk, hogy a nátrium-hidroxid is hasonlóan veszélyes az emberre nézve, mint a kénsav. A gyengébb bázisként alkalmazott nátrium-hidrogénkarbonát és nátrium-karbonát hátránya, hogy a semleges pH eléréséhez nagyobb mennyiség kell belőlük – de ez az Egyesült Államok szerveinek nem okoz gondot. Nagyobb baj, hogy a közömbösítés során nagy mennyiségű szénsav keletkezik, ami a savas közegben tovább alakul széndioxiddá. A rengeteg, hirtelen keletkező gáz pedig rombolást okozhat az épületben.

Végül a megbeszéltek alapján végezzünk számításokat. Ehhez kitalálhatunk adatokat. Például 20 m^3-es tartályban 96 m/m %-os kénsavoldat van. Mekkora térfogatú lúgoldatra lenne szükség ennek közömbösítésére, ha csak 10 m/m %-osat használhatunk? Milyen töménységű lesz a reakció lejátszódása után az oldat a keletkező sóra nézve? (Vigyázat, a reakciók során keletkező többlet víz tovább hígítja az oldatot!)

II. 2. CSI sorozatok

II. 2. 1. Vérnyomok keresése

Gyakran látni a helyszínelő sorozatokban, hogy a nyomozók gyanús anyagra bukkannak, egy pálcikára csavart vattadarabbal mintát vesznek, cseppentenek rá oldatokat néhány üvegcséből, majd ha a vatta rózsaszínűvé válik, szúrós tekintettel kijelentik, hogy vért találtak.

Egy alkalommal mégis hibát követett el valaki. Utóbb kiderült, hogy az illető véletlenül rossz sorrendben adta hozzá a mintához a kémszereket, így hamis eredményt kapott, amivel az egész későbbi nyomozás félresiklott. Szerencsére észrevették a tévedést, és végül elkapták a valódi tettest.

De mi is történt valójában? A Kastle-Meyer tesztről korábban már volt szó. A nyomozók itt is ezt a vizsgálati módszert használták. Vajon mi történik, ha nem a megfelelő sorrendben adjuk hozzá a mintához a reagenseket? A kísérletet a tanórán is elvégezhetjük, és megfigyelhetjük, hogy a sorrend befolyásolja a végeredményt.

II. 2. 2. Kaland a luminollal

A luminol név ismerősen cseng sok laikus számára is, szinte mindenki tudja, hogy ha azzal permeteznek be valamit, akkor a testfolyadékok nyomai kékes-zöldes fényben fognak világítani.

Egyszer a miami helyszínelők egy buzgó munkatársa sokat fújt a bizonyítékul szolgáló ruhadarabra belőle. Így a nyomozók munkáját tanulmányozó fotóriporter gyönyörű, éles, fényes fényképeket készíthetett, az eset mégsem vált dicséretére barátunknak, mert kiderült, hogy a rengeteg luminol tönkretette a bizonyítékot: rajta lévő DNS-t felszabdalta, alkalmatlanná téve ezáltal a genetikai vizsgálatra.

A luminol nevű anyaggal már találkoztunk. Az oldatával bepermetezett területen a sötétben halványkéken kirajzolódnak a vérnyomok. Való igaz, hogy ha genetikai vizsgálatra szeretnék alávetni a nyomot, először kell mintát venni, és csak ezután kezelni luminollal a felületet, és fényképezni, hogy pontosan meghatározhassák a vérfoltok helyét. A luminol ugyanis reackióba lép a vér fehérjéivel, és roncsolja a DNS-t. (18) A film készítői azonban valószínűleg

éltek némi csalással, amikor a normál, nappali fénnyel megvilágított helyiségben a luminollal kezelt felület jól láthatóan és fényképezhetően kékes fénnyel világított.

II. 2. 3. Az árulkodó üvegszilánk

Egy alkalommal hőseink egy olyan gyilkosság helyszínére érkeznek, ahol az áldozatot egy összetört pezsgősüveggel ölték meg. A dulakodáskor keletkező üvegszilánkok beterítették a környéket, és jutottak belőle a gyilkos ruházatára is, aki hiába akart égetéssel megszabadulni tőle, a melegítő felső fém cipzárja és a benne megtapadt parányi üvegtörmelék túlélte a tüzet. Ezt a helyszínelőknek elég volt összehasonlítani a pezsgősüveg agyagával, hogy a tettest „sarokba szorítsák".

Hogyan tudták megállapítani a nyomozók az a néhány apró üvegszilánk valóban a gyilkos fegyverből származik-e? Újra összerakni a palackot lehetetlen küldetés lett volna. Szerencsére a tudomány itt is segített. Az üvegszilánkok összehasonlítására többféle módszert is használnak a valódi bűnügyi helyszínelők. Ezek egyike a törésmutató mérése.

Egy üvegdarab törésmutatóját úgy mérhetjük meg, hogy egy csepp szilikonolajba merítjük, és olyan mikroszkóppal vizsgáljuk, ahol lehetőség van lassan, ismert sebességgel hevíteni a kapott anyagot. Az olaj törésmutatója melegítés közben változik, egészen addig, míg eléri azt a pontot, ahol egyenlővé válik az üvegdarab törésmutatójával. Ennél a pontnál láthatatlanná válik. Mivel ismerik az olaj különböző hőmérsékleten mért törésmutatóit, a nyomozók arra következtetnek, hogy az üveg törésmutatója egyenlő az olajéval azon a hőmérsékleten, amelyen az olaj láthatatlanná válik. A törésmutató nem egyedi azonosító tulajdonsága az üvegnek, mivel a legtöbb fajtánál nagyon hasonló ez az érték. Ha a gyanúsított ruhájáról származó üveg és az üvegszilánk törésmutatója nem egyezik, a vádlottat kizárhatják a nyomozásból. Amennyiben megegyeznek, további vizsgálatokra van szükség. (14)

Ez után a helyszínről és a gyanúsítottról származó üvegszilánkok fajsúlyát kell meghatározni. A sorozatokban láthatunk ilyet: egy magas mérőhengerben lévő folyadékban lebegő, az egyik helyszínről származó üvegszilánk mellé ejtik a másik mintát. Ha a két darabnak ugyanaz a fajsúlya, a második szilánk is lebegni fog, ellenkező esetben úszik vagy lesüllyed. A törvényszéki gyakorlatban leggyakrabban használt folyadék a bromoform és a brómbenzol keveréke. (14)

II. 3. Columbo és a gyilkos, aki gyenge volt kémiából

A *Fogas kérdés* (Uneasy lies the crown) című epizódban egy fogorvos teszi el láb alól egyik páciensét, aki a felesége szeretője. A feleség digitálisztartalmú szívgyógyszeréből halálos adagot tesz egy olyan gélbe, ami késlelteti a szer felszívódását, majd a mérget a mit sem sejtő áldozat fogába rejti, amire koronát tesz.

Tervei tökéletesen sikerülnek, de Columbot nem könnyű az orránál fogva vezetni. Az utolsó jelenetben Columbo behívja a fogorvost az Igazságügyi Orvosszakértői Intézetbe, és előadja, hogy az unokaöccse kémiai kísérletező készletével játszadozva rájött, hogyan bizonyíthatja a gyilkosságot. A kísérletet a valóságban is bemutatva elmagyarázza, hogy a digitálisz a porcelánkorona anyagával a testhőmérséklet katalizáló hatására megkékül. S valóban, mikor a porcelánpor és digitálisz por keverékéhez hozzáadja az előzőleg felmelegített vizet, a por sötétkék lesz. Ezt látva a fogorvos megtörik, és anélkül, hogy benéznének az áldozat koronája alá, bevallja tettét és indítékát. A tettest letartóztatják és elvezetik.

Az egész társaságból csak egy öreg boncorvost nem sikerül megtéveszteni a trükkel. Columbo bevallja neki, hogy valóban szemfényvesztés történt, szó sincs kék színreakcióról, valójában ruhafestéket használt, ami szárazon fehér, csak vízzel érintkezve lesz kék.

A történetnek inkább az erkölcsi tanulságai domborodnak ki, miszerint a kémiát nem ismerő, hiszékeny embert könnyű becsapni.

III. Detektívtörténetek kémiai vonatkozásai

IV. 1. Kémia Sir Arthur Conan Doyle bűnügyi történeteiben



Sir Arthur Conan Doyle

A híres Sherlock Holmes történetek atyja, Arthur Conan Doyle, aki ír szülők gyermekeként született 1859-ben, maga is orvosnak tanult, csakúgy mint a briliáns nyomozó legjobb barátja, Watson. Orvosi praxisa azonban nem volt sikeres, sok ideje maradt történeteket fabrikálni. Így született meg többek között *A bíborvörös dolgozószoba*, Holmes első kalandja, aki összesen négy regényben és ötvenhat novellában szerepel – és aki azóta sok más író történetében is felbukkan. A zseniális amatőr detektív karakterét Doyle feltehetően egyik egyetemi tanáráról, Joseph Bellről mintázta. Doyle a krimiken kívül más műfajokban is alkotott: ezek közül egyik legismertebb *Az elveszett világ* című regénye, de írt történelmi témájú műveket is. The War in South Africa: Its Cause and Conduct című röpirata, amelyet több nyelvre lefordítottak, Nagy-Britanniának a búr háborúban játszott szerepét igyekszik tisztázni. Doyle e röpiratnak tulajdonította, hogy 1902-ben lovaggá ütötték. Az első világháború okozta családi veszteségei érzékenyen érintették, a spiritualizmusban keresett vigaszt, és későbbi műveiben egyre jobban eluralkodtak okkultista nézetei. 1930-ban halt meg szívrohamban. (19)

Doyle igazságérzetét nemcsak a detektívtörténetek példázzák. Személyesen nyomozott két elítélt ügyében, mindkét esetben sikerrel járt, a foglyokat szabadon bocsátották.

Sofőrként szolgált nála a későbbi hírhedt autós bandita, Jules Bonnot, aki röviddel az után tévedt rossz útra, hogy kilépett az író szolgálatából. Különös véletlen, hogy Bonnot egy másik nagyhírű kriminológusnál, Herry Ashton-Wolfe-nál is dolgozott. Mindezekről csak évekkel a bűnöző elfogása és halála után értesült, mikor meglátta a sofőr fényképét Dr. Edmond Locardnál, az igazságügyi orvostan egy szaktekintélyénél - aki maga is közreműködött Bonnot elfogásában. (14)

III. 1. 1. Sherlock Holmes és „hobbija”, a kémia

A világirodalom egyik legismertebb detektívjéről már az első történetben kiderül, hogy a kémia az egyik kedvenc hobbija. Watson – Holmes barátja, kalandjainak elbeszélője – megismerkedésükről így vall:

> *A helyiségben egy ember volt csak, aki munkájába merülve állt az egyik asztalnál. Amint lépéseinket meghallotta, hangosan felkiáltott:*
>
> - *Megvan! Megvan! – Kémcsővel a kezében rohant felénk. – Fölfedeztem egy reagenst, amely hemoglobinnal üledéket képez!*
>
> *Ha kincset talál, azt sem mondhatta volna nagyobb örömmel. (20)*

Hamarosan kiderül, hogy a kémcsővel rohangáló ember nem más, mint Sherlock Holmes, a detektív, aki maga is bevallja, hogy nála a vegyészkedés nem ritka elfoglaltság.

> - *Óvatosnak kell lennem, mert sokat dolgozom különböző mérgekkel.*
>
> *Ahogy elém tartotta a kezét, láttam, hogy tele van hasonlóan leragasztott sebhelyekkel, néhol maró savak nyomát is felfedeztem rajta. (19)*

A detektív előre figyelmezteti az albérletet kereső Dr. Watsont.

> - *De vajon nem zavarná-e önt, hogy meglehetősen gyakran végzek kémiai kísérleteket? (19)*

Az orvos, aki hamarosan beköltözött Sherlock Holmes albérletébe, bizonyára maga sem gondolta, hogy lakótársának szenvedélye olykor mennyire nehezen viselhető lesz.

> *Nemigen beszélt, s egy nehéz vegyi analízissel bajlódott. Hosszas lombikhevítés és gőzdesztilláció után végül olyan erős szag keletkezett, hogy megszöktem előle. Virradatig hallottam, hogy ott babrál a lombikjai és üvegei között; nyilván továbbra is kellemetlen szagú kísérleteivel bíbelődött. (21)*

Sőt – hogy Watson beszámolóiból kiderül – gyakran előfordult, hogy igen mélyen belemerült egy-egy kísérletbe.

> *Már lefekvéshez készülődtem, Holmes pedig épp nekilátott végeérhetetlen kémiai kísérletei egyikének. Ilyenkor egy-egy lombik, kémcső fölé görnyedve hagytam ott; aztán mikor másnap lejöttem reggelizni, ugyanabban a helyzetben találtam rá. (22)*

Olykor még az éppen aktuális nyomozás izgalmai is sem tudták annyira lázba hozni, egy-egy kísérlet.

> *Már majdnem hat óra volt, amikor elszabadultam, és az első kocsival a Baker Streetre hajtattam, azon izgulva, nehogy lemaradjak a kis rejtély leleplezéséről. Sherlock Holmest azonban még egyedül találtam, amint hosszú, vékony tagjaival a karosszék mélyébe kuporodva szendergett. Az asztalon sorakozó lombikok, kémcsövek, a sósav átható, tiszta szaga mind arról árulkodott, hogy a napot egyik kedvenc foglalatosságával, vegytani kísérletezéssel töltötte.*
>
> - *Nos, megoldotta? - kérdeztem, amint beléptem.*
> - *Igen! Báriumbiszulfát volt!*
> - *Nem, én a rejtélyre gondolok! - mondtam.*
> - *Ja, én meg arra a sóra, amelyet vizsgáltam. Ami az ügyet illeti, nem volt abban semmi rejtély, bár, amint tegnap is mondtam, tartalmaz néhány érdekes részletet. (23)*

Tehát aznap Holmes ***bárium-biszulfát***ot mutatott ki. A bárium-biszulfátot (bárium-hidrogén-szulfát) először Berzelius állította elő bárium-szulfát meleg, koncentrált kénsavas oldatának hűtésével.

$$BaSO_4 + H_2SO_4 \rightleftharpoons Ba(HSO_4)_2$$

A tömény kénsavas oldatból vízzel hígítva ismét kiválik a csapadék. (16)

Egy alkalommal Holmes elmondja barátjának, mivel foglalkozna szívesen, ha végre nyugalomba vonulhatna:

> - *(…) szolgálataim jutalma olyan jövedelmet biztosít számomra, hogy egészen átadhatnám magamat kémiai kísérleteimnek. (24)*

A kaland tragikus véget ért. Ám Doyle mégsem hagyta békén pihenni legnépszerűbb hősét, aki visszatértekor így számolt be a távol töltött évekről Watson barátjának:

> - *Visszatérve Franciaországba, pár hónapig egy kátránytermékeket kutató csoport munkáját vezettem. Dél-Franciaországban, Montpellier-ben volt a laboratóriumunk. Minek utána fényes eredménnyel bevégeztem kutatásaimat, s mivel közben utolért a hír, hogy halálos ellenségeim közül csupán egy él már Londonban, úgy gondoltam, visszatérek ide. (25)*

Glauber a ***kőszénkátrány*** desztillációjával benzolt állított elő, majd John Kidd és Alexander Garden naftalint és antracént. A kokszgyártás melléktermékeként keletkező kőszénkátrány vegyiparban való hasznosítása akkor kezdődött, amikor August Wilhelm Hofmann Angliába érkezve vizsgálni kezdte a kátrány összetételét. A belőle kivont benzol nitrálásával nitrobenzolt, kénsavval benzol-szulfonsavat állított elő. Tanítványa, William Henry Perkin véletlenül ibolyavörös kristályos anyagot kapott, miközben Hofmann utasítására a kátrányból nyert anilinből a malária ellenszerének, a kinin előállításán fáradozott. A kapott anyagról – amit „anilinbíbornak" neveztek el - kiderült, hogy nagyszerűen használható kelmék festésére. Az 1856-ban szabadalmaztatott „Perkin-ibolya" mint az első mesterséges textilszínezék vonult be a történelembe, a 19. század közepén nagy népszerűségnek örvendett, hírnevet és anyagi jólétet hozva felfedezőjére. Hamarosan újabb színezékeket sikerült előállítani anilinból: 1858-ban Francois Emmanuel Verguin fukszint, 1861-ben Charles Girard és George de Laire anilinkéket kapott. (26) A 19. század közepe felé még az angol festékipar uralta a piacot, de a századfordulóra jelentősége eltörpült Németországéhoz képest. Egyes feltételezések szerint Holmes a kátránytermékek előállítására irányuló kutatásait az angol festékipar fellendítésére kívánta használni. (27)

Persze az aromás vegyületek forrásaként használt kátrány jelentősége nem merül ki a festékipar szolgálatában. A benzoefa gyantájából kivont, régóta ismert benzoesavról Mitscherlich kiderítette, hogy a benzol származéka. A benzoesav nátrium-sója, a nátrium-benzoát ma is ismert tartósítószer. A kezdetben nyírfakéregből nyert szalicilsavat (o-hidroxi-benzoesav) szintén tartósítószerként, illetve kozmetikumok alapanyagaként használják. Láz- és fájdalomcsillapító hatása is ismert, de Bayer óta felváltotta őt egyik származéka, az acetil-szalicilsav, amely többek között az Aspirin nevű gyógyszer hatóanyaga. (26)

Sherlock Holmes a szerves kémia más ágai is foglalkoztatták:

- *Akkor talán máskorra halasztom az acetonok vegyi elemzését, minthogy holnap a lehető legjobb formánkban kell lennünk. (22)*

Az ***acetonok*** kifejezés azt sugallhatja – ahogy Asimovnak is -, hogy Holmes mégsem érthetett annyira a kémiához, hiszen aceton csak egy van. Ám James F. O'Brien szerint az akkori terminológia szerint az acetonok szó a ketonok szinonimájaként volt használatos. (27)

III. 1. 2. Kémia Sherlock Holmes nyomozásaiban

A nagy detektív kémiai ismereteit a bűnüldözésben is kamatoztatta. A Watsonnal való megismerkedésükkor is épp egy gyakorlati alkalmazásán fáradozott, és örömét az okozta, hogy sikerült kidolgozni egy módszert a ***vér kimutatás***ára.

- *Tisztelt uram, ez már régóta a legizgalmasabb felfedezés a törvényszéki orvostanban. Nem látja, milyen biztosan felismerhetők e módszerrel a vérfoltok? Jöjjön csak!*

Megfogta a karomat, és odahúzott kísérleti asztalához.

- *Vegyünk egy kis friss vért – magyarázta, mialatt egy tűt szúrt az ujjába, és a kibuggyanó vért egy folyadékba csöppentette. – Most adjunk hozzá egy liter vizet, ami által a keverék olyan lesz, mint a tiszta víz. A vér annyira feloldódik benne, hogy csupán egymilliomod részét képezi, mégis biztosan tudom, hogy a reakció bekövetkezik.*

Mialatt beszélt, néhány kristályt dobott az üvegbe, s azután néhány csöppet öntött hozzá a preparált folyadékból. A keverék már egy-két pillanattal később homályossá vált, és valami barnás anyag ereszkedett az aljára.

- *Hahaha! – kiáltott fel Holmes, élvezettel szemlélve a változást. – Mit szól hozzá?*
- *Igen jól sikerült kísérlet – bólintottam.*
- *Remek! A régi módszer nem volt megbízható. A mikroszkópos vizsgálat sem az. Az enyém pedig éppolyan biztos régi vérrel, mint frissel. Ha előbb feltalálják, sok olyan ember bánta volna meg tettét, aki most egész nyugodtan sétál a földtekén.*
- *Valóban? – szóltam közbe meglepődve.*
- *A bűntényeknél mindig ezen múlik a tettes azonosítása. Amikor valakit már hónapokkal korábban elkövetett dolgokkal gyanúsítanak, megvizsgálják a fehérneműjét, a ruháit, és barna foltokat találnak rajtuk, melyek éppúgy lehetnek sár, rozsda vagy valami más nyomai, mint vércsöppek. Ez pedig olyan kérdés, amelynek megoldásába már sok szakértőnek beletört a bicskája, mivel nem állt rendelkezésükre megfelelő ellenőrzési lehetőség. Most megvan a Holmes-féle teszt, és ilyen probléma nem fog többé fölmerülni. (20)*

Sherlock Holmes lelkesedése nagyon is indokolt volt. Egy olyan módszer, amelynek segítségével nagyon kis koncentrációjú vér is kimutatható, valóban forradalmi változást hozhatott a törvényszéki orvostanban.

A 19. század második felében Christian Schönbeim 1859-ben publikált gvajakum-tesztjét használták, amely a vért százezerszeres hígításban képes kimutatni. A Holmes-féle teszt tehát tízszer érzékenyebb – azaz csak lenne, mivel sosem került publikálásra. Asimov szerint Holmes tévesen állapította meg a módszer érzékenységét. Az ő számításai szerint Holmes egyötvened milliliter (egy csepp) vért oldott egy liter vízben, tehát az arány egy az ötvenezerhez. James F. O'Brien azonban Holmes becslését helyesnek állítja, szerinte nem térfogati arányokkal kell számolnunk. Szerinte Holmes azt feltételezte, hogy 100 milliliter vérben 5 gramm hemoglobin van (ami igen pontos becslés, hiszen valójában 15 gramm). O'Brien marad Asimov becslésénél, miszerint egy csepp vér 0,02 ml, de így számol tovább:

(5 g hemoglobin/100 ml víz) x (0,02 ml vér/1000 g víz) = 1 x 10^{-6} hemoglobin/víz (27)

De vizsgáljuk csak meg alaposabban a szöveget!

- *(…) a kibuggyanó vért egy folyadékba csöppentette. – Most adjunk hozzá egy liter vizet (…)*

Szerepel a szövegben egy folyadék is, amelynek viszont nem derül ki a mennyisége. Ha ezt figyelembe vesszük, valamelyest módosul a számítás.

(5 g hemoglobin/100 ml víz) x 0,02 ml vér/(**? g folyadék** +1000 g víz) =
1 x 10^{-6} hemoglobin/víz

Ekkor viszont már nem áll fenn az egyenlőség. Hogy mégis helyes legyen, csak úgy képzelhető el, ha Holmes nem 5 g/100 ml-nek becsülte a vérben lévő hemoglobin koncentrációját, vagy ha Asimov tévedett a vércsepp térfogatára vonatkozólag. Igaz a változás nem túlzottan jelentős. Az ismeretlen folyadék nem lehetett sok, egy liternél bizonyára kevesebb, de számoljunk egy literrel. Tegyük fel, hogy Holmes egymilliomodos becslése és Asimov becslése is igaz.

1 x 10^{-6} hemoglobin/víz = (x g hemoglobin/100 ml víz) x 0,02 ml vér/
(1000 **g folyadék** +1000 g víz)

Vagyis ha feltesszük, hogy O'Brian számításához képest kétszeresére lett felhígítva a vér, akkor azt kapjuk, hogy Holmes is kétszeresének, azaz 10 g / 100 ml-nek becsülte a vér hemoglobinkoncentrációját, ami még közelebb áll a manapság hivatalos értékhez.

Holmes törekvései a törvényszéki kémiai vizsgálatok fejlesztésére nem merülnek ki a vér kimutatatására használt eszközökben. Egy alkalommal így dicsekszik barátjának.

- *(…) néhány munkámat lefordították franciára is. (…) Csupa technikai kérdéssel foglalkoznak. Íme itt van például egy értekezésem a dohányhamu fajairól. Száznegyvenfajta pipadohányt, szivart és cigarettát sorolok föl benne, amelyeknek hamuja mind különböző, mint a mellékelt színes ábrákból láthatja. Ennek néha óriási jelentősége van a bíróság előtt. Ha például határozottan megállapítható, hogy valamelyik gyilkosságot olyan ember követte el, aki indiai lunkahot szívott, akkor világos, hogy a nyomozás jóval egyszerűbb. Gyakorlott szemnek a Trichinopolis cigaretta fekete hamuja legalább annyira különbözik a Birds' eye fehér rostjaitól, mint a kelkáposzta a burgonyától. (28)*

Sherlock Holmes egy alkalommal a Baskerville család tagjait rettegésben tartó „átok" nyomába ered. A titok megfejtésében most is segít a kémia.

Amit pedig megpillantottam, egy kutya volt, egy irdatlan, koromfekete eb, amilyet azonban eddig nem láthatott földi szem. Szája tüzet okádott, szeme lánggal égett, pofája, farka, lábai vészjóslóan sziporkáztak. Meghibbant agyvelő sem találhatott volna ki vadabb, ijesztőbb, pokolibb monstrumot, mint amilyen ez az ördögi formájú, vad ábrázatú lény volt, s amely oly hirtelen penderedett elő a ködfelhő belsejéből. (…)

Csupán nagyságát és erejét tekintve is ijesztő volt ez a lény, amely most itt hevert lábunk előtt. Nem véreb volt, és nem is szelindek, hanem inkább e kettő keveréke, ösztövér volt és elvadult, csaknem akkora, mint egy kisebbfajta oroszlán. Még most, halottan is szinte lángolt a szája, kicsiny, mélyen ülő, kegyetlen szemei tűzben égtek. Ahogy azonban megérintettem sziporkázó pofáját, s aztán megnéztem a kezemet, ujjaim felragyogtak a sötétben.

- *Foszfor! - kiáltottam fel.*
- *Méghozzá nagyon ravasz készítmény - toldotta meg Holmes, miután megszagolta a dögöt. - Nincs semmi szaga, tehát nem is zavarhatta az állat szimatát.(…)*
- *Ez a keverék, itt ebben a dobozban nyilván az a foszforos anyag, amelynek segítségével "pokolivá" varázsolta a kutyát. (29)*

Hogy pontosan mi volt az a foszforos anyag, amellyel a hatalmas eb gazdája még félelmetesebbé varázsolta az állatot, az nem derül ki a regényből. Feltehetően nem elemi foszfor, mert a fehér foszfor megmérgezte volna a kutyát, a vörös foszfor viszont nem bocsát ki fényt. A ***foszfor***t Henning Brand alkimista állította elő 1669-ben, a vizelet desztillálásából

visszamaradt anyag hevítésével. A felfedezett anyagot „hideg tűznek” nevezte el, mivel az a sötétben is világított láng nélkül. (30)

Egy egészen másfajta kutya szerepel *A Négyek jele* című regényben, ahol az egyik keresett bűnöző kézre kerítését egy sajátos esemény segíti.

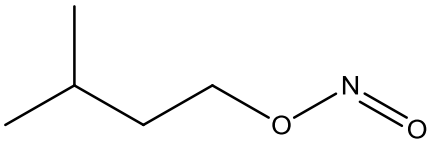
- *Az első számú ismeretlent az a baleset érte, hogy belelépett a kreozotba. (…) Ismerek egy kutyát, amely ezen a nyomon a világ végéig is elszaladna. (21)*

De mi is a ***kreozot***, amelynek Holmes szerint erős szaga van? Egy fakátrányból nyert olajszerű, füstszagú folyadék, amelynek fő összetevői a guajakol és a kreozol, de kisebb mennyiségben más benzolszármazékokat is tartalmaz. Korábban a gyógyászatban a tüdővész enyhítésére használták, később leváltotta a guajakol nevű összetevője, amelyet ma is használnak köptetőként. A guajakol ortodihidroxil-benzolból (pirokatechinsav) levezethető, abban az egyik hidroxilcsoport hidrogénjét metilcsoporttal helyettesítve. (31)

Egy sokkal egyszerűbb szerkezetű anyagot használ Holmes egyik ügyfele, egy Percy Trevelyan nevű orvos a katalepszia gyógyítására:

- *(…) ijedten láttam, hogy mereven ül a székében, üres arckifejezéssel néz rám. (…) Ilyen esetekben jót szokott tenni az amilnitrátos belélegzés, és itt volt a ragyogó alkalom, hogy meggyőződjem ennek a kezelésnek a használható mivoltáról.* (32)

Az ***amil-nitrát***nak mondott vegyület, valójában amil-nitrit, UPAC nevén 3-metilbutil-nitrit. Sárga színű, gyümölcsös illatú, sűrűn folyó folyadék, a gyógyászatban értágító hatása miatt alkalmazzák: néhány csepp zsebkendőre cseppentve és a beteggel belélegeztetve segít a hisztériás görcsöknél, illetve cianmérgezés esetén gyorsan alkalmazva az egyik leghatékonyabb ellenszer. Nagyobb mennyiségben és lenyelve azonban mérgező. (33)



Amilnitrit

A detektívnek egyszer sikerült megmentenie valakit a fulladásos haláltól.

Holmes feltépte az ajtót, beszaladt, de egy szempillantás múlva megint kijött, és a szája elé tartotta a kezét.

- *Széngáz! – kiáltotta. – Várjunk. Ki fog tisztulni.*

Benéztünk, és láttuk, hogy a szobában egy háromlábú rézüstből halvány, kékes láng csap fel. (…) Berohantunk, és kirángattuk a megmérgezett embereket a szobából. Mind a kettőnek szederjes volt a szája, puffadt, sötét az arca és dülledt szeme. Eszméletlenek voltak. (…) Mr. Melas azonban élt, és egy óra múlva elégedetten láttam, hogy az ammónia és a konyak hatására kinyitja a szemét. (34)

A régiesen ***széngáz***nak nevezett vegyületet manapság szén-monoxidnak nevezzük, és az általános és középiskolai oktatás során a kémiaórákon is előkerül. Itt felhívjuk a diákok figyelmét a gáz mérgező hatására, amelyet úgy fejt ki, hogy a hemoglobin oxigénszállító részét blokkolja. Még veszélyesebbé teszi, hogy színtelen és szagtalan, így gyakran észrevétlenül is megmérgeződnek vele. (31)

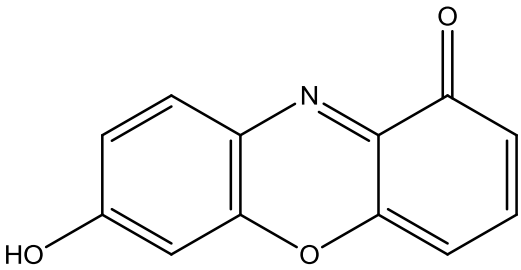
Az ammóniát szintén minden kémiát tanuló gyermek jól ismeri.

Ahogyan az a reakció is ismert, amit a nagy detektív *A haditengerészeti szerződés* című történetben vizsgált.

Holmes a kis asztalnál ült házikabátban, valami vegytani kísérletet végzett. A kékes fényű Bunsen-lámpa fölött vadul fortyogott valami a nagy retortában, a lepárolt cseppek egy kétliteres mérőedényben gyűltek össze. A barátom alig nézett rám, amikor beléptem, és én, látva, hogy a kísérlet fontos, egy karosszékbe telepedtem, és vártam. Holmes néhány csepp vegyszert szippantott fel különböző üvegekből a pipettájával, és a végén egy oldatot tartalmazó kémcsővel állt meg az asztal mellett. Jobb kezében egy darabka lakmuszpapírt szorongatott.

- *Sorsdöntő pillanatra érkezett, Watson — mondta. — Ha a papír kék marad, minden rendben van. Ha pirosra változik, egy ember eljátszotta az életét.*
- *Beletette a papírt a kémcsőbe. Nyomban piszkos-vörösre változott a színe. (35)*

A történetből nem derül ki, hogyan játszotta el az életét a szóban forgó ember. A ***lakmusz*** nevű sav-bázis indikátort zuzmókból vonják ki. Savas közegben (pontosabban 4,5-es pH alatt) vörös, lúgos tartományban (illetve 8,3-es pH felett) kék, a kettő között lila színű. (31)



Lakmusz

A detektív egy alkalommal gyilkossági ügyben nyomozva a következő vallomást csikarja ki az elkövetőtől.

> *Valamikor egy amerikai városban a kémiai intézet laboránsa voltam. Egy napon a tanár egy alkaloidot mutatott be a hallgatóknak, amelyről azt állította, hogy a legkisebb mennyiség is halált okoz belőle.*
>
> *Az üveget megjegyezve, mely azt tartalmazta, előadás után néhány szemet kiszedtem belőle, és könnyen oldódó golyócskákká alakítottam. Ugyancsak hasonlókat, de méregtartalom nélkül, tettem hozzájuk, hogy annak idején, mikor leszámolunk, mintegy oroszrulettszámba menjen a dolog. (…)*
>
> *Végül kivette az egyiket, én a másikat vettem be. Irtózatos kínokat állva ki, vártuk a hatását.*
>
> *Nem feledhetem el az arcát abban a pillanatban, midőn a hatás kezdett megnyilvánulni, irtózatos volt az. (…)*
>
> *A méreg néhány pillanat alatt végzett vele. Alig vonaglott egyet-kettőt, és torzult el az arca, máris rekedten ordítva nyúlt végig kiterjesztett karokkal a padlón. (20)*

Hogy mi volt ez az alkaloid pontosan, az nem derül ki a műből. Az ***alkaloidok*** általában növényekből nyerhető, összetett gyűrűs szerkezeteket tartalmazó, nitrogéntartalmú szerves vegyületek. Sokat használnak a gyógyászatban (morfin, amfetamin, novokain), legális (nikotin) és illegális drogok (lizergsav-dietilamid= LSD, kokain) hatóanyagai, de élelmiszerekben is megtalálhatóak. Gondoljunk csak a koffeinre, amely népszerű serkentőszer, a kávéban, teában, egyes üdítőitalokban, de a kakaóban is megtalálható, vagy tonik keserű ízét adó kininre, amely a malária ellenszere is egyben, vagy a paprika csípős ízanyagára, a kapszaicinra. (36)

Ugyancsak találkozhatunk ezzel a vegyületcsoporttal egy későbbi regényben, *A Négyek jelé*ben.

- *Izmai keményebbek, mint a deszka.*

- *Úgy van. Sokkal jobban összehúzódtak, mint a szokásos hullamerevség indokolná. Ehhez vegye még hozzá az arc eltorzulását, ezt a szörnyű vigyort, a risus sardonicust, ahogy az ókorban nevezték. Mire következtet mindebből?*
- *Hogy a halál oka erős növényi alkaloid volt, valami sztrichninszerű anyag, amely végzetes görcsöt okozott. (21)*

III. 1. 3. Arthur Conan Doyle és a kémia

Hagyjuk most Sherlock Holmest, és nézzünk Doyle más műveit! Itt is találunk kémiai vonatkozásokat. *A goresthorpe-i kastély kísértetei* című novella főszereplője egy különös bűnbandának esik áldozatául. A bűnözők „Lucoptolycus-esszenciát" adnak a hiszékeny áldozatnak, egy vegyész azonban leleplezi a csalást.

> *Az üvegcse, melyet Ön nekem küldött, erős klóroldatot tartalmaz, s az a mennyiség, melyet Ön, levele szerint, megivott, legalábbis nyolcvan szemnyi tiszta klórhidrátnak felel meg. Az a szer kétségkívül a részleges tudatveszés állapotát idézte elő, ami lassanként teljes önkívületben ment át. A klórmérgezés eme félig tudatos állapotában nem szokatlan jelenség, hogy különös, bizarr látományok lépnek fel, főleg olyan egyéneknél, akik nincsenek hozzászokva e szer használatához. (37)*

Ha erősebben lehűtött (0°) vízbe K.-gázt vezetünk, fehér pikkelyszerű kristályos anyag válik ki, a ***klórhidrát*** Cl_2 . 10 H_2O. A klóros víz, vagy klórvíz Aqua chlori néven a Magyar gyógyszerkönyvben is szerepel, de gyógyászati alkalmazására ritkán (pl. foszformérgezés kezelése) kerül sor. Fertőtlenítő hatása azonban a klórgáznak és a klóros víznek is van. Nem tudni, a „nyolcvan szemnyi" alatt mekkora mennyiséget kellene értenünk, de az erős klóroldat tünetei nem egészen olyanok, mint ahogy Doyle leírja.

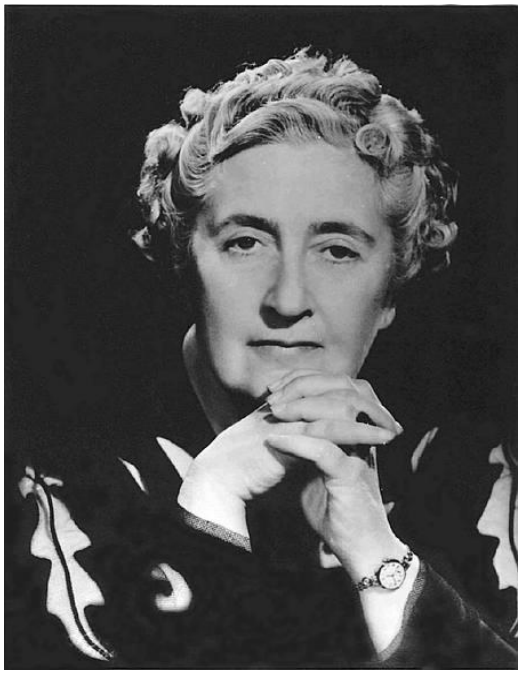
A pesti ezüstfokos című novellában egy réges-régi fegyverrel követnek el rejtélyes és brutális gyilkosságokat. Aki az „elátkozott" tárgyat a kezébe veszi, azt ellenállhatatlan erő kényszeríti az általa leginkább szeretett személy életének kioltására. Dr. Langemann, aki szaktekintélynek számított a mérgek terén, így számol be feltevéseiről:

- *A „Piros keresztesek", akikről ebben az iratban szó van, a korai középkor legalaposabb tudású vegyészei voltak; a legkiválóbb alkimisták, akiknek neve ránk maradt, közéjük tartoztak. Bármekkorát haladt is korunkban a vegytan tudománya, vannak pontok, melyekben a régiek felülmúlnak bennünket, mégpedig a különleges és halálos mérgek gyártásában. Ez a Biró nevű ember, aki a Piros Keresztesek egyik főembere volt, kétségkívül sok ilyen vegyület birtokában volt,*

s ezek között lehetett olyan is, mely, mint a Mediciek aqua tofanája, a bőr lyukacsain át beszívódva okozott mérgezést. (38)

Az ***Aqua Toffana*** (vagy Aqua Tufania, Aqcua Toffana) nevű méregről korábban már beszéltünk. Pontos összetétele nem ismert, feltehetően egy arzén-tartalmú méreg. Egy Giulia Toffana nevű itáliai hölgy a 17. században árusította részletes használati utasítással ellátva kozmetikumnak titulált kotyvalékát kizárólag nők részére. Több száz „boldogtalan" asszonyt segített özvegységhez a vízbe vagy borba kevert, színtelen, szagtalan és ízetlen oldat.

III. 2. Agatha Christie



A krimi koronázatlan királynőjének kikiáltott Agatha Christie 1890-ben született az angliai Torquayben, a félig amerikai félig angol Miller család harmadik gyermekeként. Szeretett édesapja korai elvesztése miatt a család anyagi gondokkal küzdött, de az édesanya igyekezett megfelelő neveltetést biztosítani számára. Vonzó és intelligens nő lévén Agatha sok házassági ajánlatot kapott, végül Archibald Christie kapitánynak mondott igent. Alig pár nappal az esküvő után az ifjú férjet a frontra hívták – ekkoriban zajlott a II. világháború –, így Agatha önkéntes ápolónőként kezdett dolgozni a helyi kórházban, ahol a gyógyszerészeti laboratóriumban kapott munkát. Itt ismerkedett meg az írásaiban gyakran felbukkanó mérgek többségével, és már ötleteket is merített legalább egy gyilkossági ügyhöz. Ekkoriban írta meg első regényét, *A titokzatos styles-i eset*et, amelyet csak nagy nehézségek árán és csekély honorárium fejében sikerült kiadatnia 1920-ban. Ennek ellenére folytatta az írást, és egy másik kiadóval szerződött le. 1926 szomorú év volt a magánéletében – bár ekkoriban lett igazán népszerű máig talán legkedveltebb regényével, *Az Ackroyd-gyilkosság*gal. A férjétől való elhidegülés, váratlan édesanyja elvesztése, különös és szenzációt keltő kalandba sodorta az írónőt. Mikor férje bejelentette, hogy elválik, Agatha összecsomagolt, elhajtott, és eltűnt a világ szeme elől. Hamarosan megtalálták az autóját, de a hölgy nélkül, s a jelek arra mutattak, hogy sietve

hagyta el a helyszínt. A közvéleményt erősen felkavaró eset végül úgy oldódott meg, hogy valaki felismerte egy szállodában, ahová nem a saját nevén jelentkezett be, és úgy tűnt, nem emlékszik semmire. Hogy mi történt pontosan, arról megoszlanak a vélemények. Feltehetően valóban amnéziában szenvedett, de szárnyra kaptak olyan rosszindulatú feltételezések is, mint Agatha megrendezte eltűnését, hogy megleckéztesse a hűtlen férjet.

1928-ban ellátogatott a Közel-Keletre, ahol egy ásatáson megismerkedett a nála tizenhárom évvel fiatalabb Max Mallowan régész asszisztenssel, akivel hamarosan összeházasodtak. Utazásaik és férje foglalkozása, akivel együtt dolgozott az ásatásakon, jópár további művéhez adott ötleteket. (39)

Műveiben gyakran szerepel méreggel elkövetett gyilkossági kísérlet, túladagolt gyógyszer, kábítószer és egyéb a kémia tárgykörébe tartozó momentum.

III. 2. 1. Mérgezések

Christie 34 regényében és 19 novellájában fordul elő, hogy valakit megmérgeznek, sőt egy-egy műben többféle mérgezésről is olvashatunk, s így a Christie által leggyakrabban „használt" halálnemnek tekinthetjük. (40)

Paracelsus, egy a 16. század elején tevékenykedő svájci orvos szerint méreg mindenben van. Ő mondta ki azt az elvet, hogy a dózis teszi a mérget méreggé, és van egy küszöbérték, amelynél kevesebb anyag nem okoz mérgezést. Gerolimo Merkuriale úgy fogalmazott, „a méreg olyan gyógyszer, ami öl". Érdekes, hogy már a régi görögök is ugyanazt a kifejezést, a *farmakon*t használták a gyógyszer és a méreg szóra. Fabre és Truhaut meghatározása a legpontosabb: „Mérgeknek azokat az anyagokat nevezzük, amelyek megfelelő mennyiségben és kellő idő alatt alkalmas módon a szervezetbe hatolva, kémiai, fizikai vagy fizikokémiai hatásukkal a szervezet életfolyamatait átmenetileg, tartósan vagy véglegesen megzavarják." Ezek szerint tehát nincs is különbség gyógyszer és méreg, vagy akár élelmiszer és méreg között. A gyakorlatban csak azokat az anyagokat szokták méregnek tekinteni, amelyek már csekély mennyiségben is súlyos egészségkárosodást vagy halált okoznak. (41)

Lássuk először a ***szervetlen mérgek***et! Ha egy krimiben mérgezéses esettel találkozunk első gondolatunk talán az, hogy ***arzén***nal követték el. Christie műveiben valóban többször felbukkan. *A vád tanúja* novellaskötet *S. O. S.* című történetében ezt írja:

- *Néha vannak beszámolók egész megmérgezett családokról… egyik családtag felépül, másik nem. Ebben az esetben egyvalaki nem épült volna fel. (…) A kamrájukban van egy csomag arzén. Az alatta lévő polcon meg egy csomag tea. A felső polc egy helyen lyukas. Mi sem természetesebb hát, mint hogy az arzén véletlenül kerül bele a teába. A fiát, Johnnie-t csak gondatlansággal vádolhatnák, semmi egyébbel.*
- *Ön úgy döntött, hogy… kellő mennyiségű fehér arzén kerüljön a csésze aljába. (42)*

A detektívtörténetekben gyakran kerül arzén a teába, kávéba. Ez történt *A kristálytükör meghasadt* című regényben is:

- *A kávé vegyelemzése. A kávéé, amire Marina panaszkodott. Amit nem volt hajlandó meginni. (…)*
- *Igen, arzén.*
- *Szóval Marinának igaza volt, hogy keserű?*
- *Nem, abban nem volt igaza. Az arzénnak nincs íze. De az ösztöne nem csalt. (43)*

Az arzénnak, pontosabban arzén-trioxidnak tehát nincs íze. Ezenkívül szagtalan is, a fehér kristályok jól oldódnak, így ételbe-italba keverve észrevétlen marad, tünetei pedig nagyon hasonlítanak a középkorban igen gyakori koleráéhoz, ezért „népszerű” méreg volt évszázadokon át, sokáig nem tudták kimutatni. Ez azonban Marsh óta nem jelent problémát egy vegyész számára. (1)

A Paddington 16.50 című regényben szintén a jól bevált arzénnal próbálkozik a gyilkos.

- *Arzén? – kérdezte izgatottan Bacon felügyelő. – Arzén?*
- *Igen. A curryben volt. (…)*
- *És mindenki rosszul lett, ugye, kivéve Miss Eyelesbarrow-t. (…)*
- *Ha Miss Eyelesbarrow a családot arzénnal akarná megetetni, arra bizonyára oka volna. Ezen felül rendkívül értelmes nő lévén, óvakodna attól, hogy ő legyen az egyetlen, akire nincs hatással. Azt tenné, mint bármely intelligens méregkeverő, hogy egy keveset enne ő is a mérgezett curryből, és azután eltúlozná a tüneteket.*
- *És azt nem lehetne megállapítani?*
- *Mármint hogy kevesebbet vett magához, mint a többiek? Nem valószínű. Nem minden szervezet reagál egyformán a mérgekre, ugyanaz a mennyiség egyesekre jobban hat, mint másokra. (…) Véleményem szerint senki sem kapott a méregből halálos adagot.*
- *Elvétette a méregkeverő, úgy gondolja?*

– *Nem. Inkább azt hiszem, csak annyi mérget rakott a curryba, hogy az ételmérgezés látszatát keltse, amiért, gondolta, valószínűleg a gombát okolják majd. Az embereknek az a rögeszméjük, hogy a gomba mérgező hatású. Azután pedig az egyik személy állapota rosszabbra fordulhat, és meghalhat.*
– *Mert újabb adagot kapott?*

Az orvos bólintott. (44)

Ahogy a fenti esetekből láttuk, nem elég csupán azt megállapítani, hogy jelen van-e valamely anyag egy ételben, italban vagy az áldozat szervezetében, a mennyiség a döntő, hogy a mérgezett egyén felépül-e vagy sem. Sőt sok esetben még ez sem jelent biztosat.

Az arzént a nitrogéncsoport elemei között találjuk. Az elemi állapotban szürke, fémes fényű, törékeny félfém vegyületei főleg az emésztőrendszert, a csontvelőt és az idegrendszert károsítják. Igen kis mennyiségben (0,05 mg/kg) a szervezetünkben is természetes módon is megtalálható. A mennyiség szoktatással növelhető: aki hozzászokott, napi 0,5 g arzént is elfogyaszthat egészségkárosodás nélkül. (45)

Feltételezések szerint *A harmadik lány* című regény egyik szereplője is rendszeresen arzént fogyasztott – ámbár ő tudta és akarata ellenére.

– *A minták alapján bizonyossá vált, hogy Mary ételeibe belekevertek valamit.*
– *Beszéljünk nyíltan! Úgy érti, arzénnel mérgezték a feleségét?*
– *Igen. Egészen kis adagokban, ami végül kumulatív hatást eredményezett volna. (46)*

A szervezetbe jutó arzén gyomorpanaszokat, nyelőcsőfájdalmat, hányást és véres hasmenést okoz. A halált végül szívelégtelenség, a csontvelő helytelen működése vagy fertőzés okozhatja. Mérgezést egyetlen nagy dózis is okozhat a szervezetben, ilyenkor a halál egy napon belül bekövetkezhet. A mérgezett hajában, körmében és vizeletében a vizelet analízise vagy a boncolás után az arzénnyomok kimutathatók. (45)

Szintén *A vád tanúja* kötetben található a *Baleset* című novella. Egy nyugalomba vonult rendőr kezd nem hivatalos nyomozásba új szomszédságával kapcsolatban, gyanúja szerint a szép asszony előző férjeit méreggel tette el láb alól. Az új férj vegyész, akiről így beszél a gyanakvó nyomozó őt megnyugtatni kívánó barátjának:

– *(…) ez a Merrowdene… tegnap este a laboratóriumában… mindenféle kísérleteket végzett… emlékszik…*
– *Igen. Szóba hozta a Marsh-féle arzénpróbát is. Azt mondta, maga mindent tud róla… elvégre a szakmájába vág… és nevetett. Nem mondott volna ilyesmit, ha egy pillanatig is azt képzeli…*
– *(…) a Marsh-féle próba után felhevített valami anyagot egy kémcsőben, a fémüledéket vízben oldotta, majd ezüst-nitrát hozzáadásával kicsapatta. Ez a klorátpróba. Tiszta, egyszerű kísérlet. Csakhogy én történetesen ezt olvastam az asztalán nyitva álló könyvben: „A H_2SO_4 elbontja a klorátokat, és Cl_2O_4 szabadul fel. Felhevítve erős robbanást válthat ki, ezért a keveréket ajánlatos hidegen tartani, és csak kis mennyiséget használjunk belőle egyszerre. (47)*

Merrowdene jó vegyészként tehát ismeri az arzén kimutatására használt Marsh-próbát, sőt meg is tudja különböztetni az antimontól, erre utal az ezüst-nitrát reagens használata.

A titokzatos Négyes című regényben arzénmérgezéshez hasonló tüneteket produkál egy beteg, aki hamarosan maghal. A belga detektív közreműködésével rövidesen kiderül az igazság.

– *A rohamok egyre rosszabbodtak. Dr. Trevers azt mondta, hogy ez mind természetes és előre látható, és hogy lehet, hogy Mr. Templeton nem fog sokáig élni, de én magam sose láttam ehhez foghatót korábban, bár hosszú ápolói tapasztalat áll mögöttem. Sokkal inkább úgy tűnik, mint valamifajta…*

Elhallgatott.

– *Arzénos mérgezés? – kérdezte Poirot segítőkészen.*

A nővér bólintott.

– *Nincs benne arzén – mondta Poirot. –, de van benne antimon. (48)*

Az ***antimon*** kimutatási módjáról korábban már beszéltünk. Nem véletlen, hogy kémiai tulajdonságai az arzénhoz hasonlóak, ugyanis az antimon is a nitrogéncsoport elemei közé tartozik, mégpedig a pontosan az arzén alatt találjuk. Előfordulnak nemfémes és félfémes tulajdonságú allotróp módosulatai is. (49)

Egy titokzatos haláleset ügyében nyomoz Poirot *A kutya se látta* című regényben. Kiderül, hogy egy olyan elem okozta a halált, amit mi és diákjaink jól ismerünk.

– *Ha lefejtjük az esetről a spiritiszta sallangokat, a következő tény áll rendelkezésünkre: A szóban forgó estén Arundell kisasszony lehelete foszforeszkált!*

Dr. Donaldson megmoccant.

– *Látom, pedzi már – biccentett feléje Poirot. – Nincs sok foszforeszkáló anyag. Már az első és legközönségesebb anyagban megtaláltam, amit kerestem. Felolvasok önöknek egy rövid részletet a foszformérgezéssel foglalkozó cikkből.*

„A foszformérgezésben szenvedő személy még nem érzi a tüneteket, de a lélegzete már foszforeszkál." Ezt látták Miss Lawson és a Tripp kisasszonyok a sötétben – Arundell kisasszony foszforeszkáló leheletét –, ez volt a „foszforeszkáló dicsfény". De olvasom tovább. „Amikor a sárgaság fellép, a szervezet már nem csupán a foszfor mérgező hatását szenvedi, hanem mindazon tüneteket, amelyek epeelégtelenség esetén jelentkeznek, és a mérgezésnek ebben a szakaszában nincs jelentékeny különbség a foszformérgezés és bizonyos májbetegségek – például a sárgasággal járó heveny májgyulladás – között."

Látják, micsoda okos terv volt ez? Arundell kisasszony évek óta szenvedett májbántalmakban. A foszformérgezés tüneteit mindenki a régi betegség heveny rohamának tulajdonítja. Nincsen benne semmi új, semmi ijesztő.

A terv nagyon ügyes volt. Foszforhoz nem nehéz hozzájutni – ott a foszforos gyufa, ott a rovarirtó –, és igen kis mennyiségben már halálos.

Voila! Természetesen az orvost is megtévesztik a tünetek – annál is inkább, mert nincs szaglóérzéke, márpedig a foszformérgezésnek jellegzetes tünete a lehelet fokhagymaszaga. (50)

A ***foszfor*** (nyelvújításkori magyar nevén vilany) egy nemfémes, szilárd halmazállapotú elem. Neve görög eredetű, jelentése „fényhozó". Az elemet először Henning Brand alkimista állította elő 1669-ben vizelet desztillációs maradékának hevítésével. Három allotróp módosulata ismert. Ezek közül a regény feltehetően a fehérfoszforra utal, amely az Irinyi János által feltalált gyufában, pontosabban a gyufafejben található, és emiatt a gyufafej ételben-italban feloldva igen népszerű méreg volt a gyilkosságot illetve öngyilkosságot elkövetők körében. A fehér foszfor sárgás színű, viaszkeménységű anyag, alacsony hőmérsékleten (60°C) meggyullad, sőt öngyulladásra is hajlamos, de vízben nem oldódik, ezért víz alatt tárolják. Jól oldódik szerves oldószerekben, zsírokban, olajokban, ezért az emberi szervezetben sokkal mérgezőbb, mint a szerves oldószerekben is rosszul oldódó vörösfoszfor. (30) Éppen a gyakori mérgezések miatt a századfordulón az országok Európa-szerte sorra tiltották be a fehérfoszforos gyufát, amelyet a vörösfoszfort használó biztonsági gyufa (svédgyufa) váltott ki. 1906-ban ratifikálták a fehérfoszforos gyufa általános tilalmát kimondó berni egyezményt. Emiatt Nagy-Britannia 1911-től törvényileg tiltotta a régi,

fehérfoszforos gyufa forgalmazását. (51) A régi típusú, fehérfoszforos gyufához tehát már mégsem volt olyan könnyű hozzájutni, mint azt Poirot állította, míg a kereskedelmi forgalomban kapható biztonsági gyufában a kevéssé mérgező vörösfoszfor található.

A ***tallium*** szintén igen mérgező, a *Bűbájos gyilkosok* című regényben jó néhány gyilkosságot követnek el vele, amíg néhány bátor amatőr nyomozó le nem leplezi a bűnszövetkezetet.

- *Mikor Amerikában jártam, olvastam egy cikket a talliummérgezésről. Egy gyárban egymás után halt meg sok munkás. Roppant változatos betegségekben. Ha jól emlékszem, többek között paratífuszban, szélütésben, agybénulásban, epilepsziában, bél- és gyomorhurutban. Másutt kiderült, hogy egy nő hét embert megmérgezett. A diagnózisok között szerepelt agytumor, agyvelőgyulladás és tüdőgyulladás. Vagyis, ha jól értem, a tünetek nagyon eltérőek lehetnek. Némelyik esetben hasmenéssel vagy hányással kezdődik, máskor kábultsággal, végtagi fájdalmakkal, és a diagnózis heveny ideggyulladás, reumás láz vagy paralízis. Egyik beteg vastüdőbe került. Esetenként még a bőr is elszíneződik.*
- *Maga egy két lábon járó orvosi szótár.*
- *Nem csoda. Ugyanis átlapoztam. De van valami, ami előbb vagy utóbb mindig bekövetkezik. A hajhullás. Egykor a talliumot szőrtelenítésre használták, különösen gyerekeknél, ótvar ellen. Majd kiderült, hogy veszélyes. Néha belsőleg is használják, de nagyon óvatosan, a beteg testsúlyának megfelelő adagokban. Manapság, ha jól tudom, főként patkányméreg. Ízetlen, vízben oldódó, és könnyen hozzá lehet jutni. És van még egy előnye: nem lehet mérgezésre következtetni belőle. (52)*

A tallium a periódusos rendszerben a harmadik főcsoportban található ritka fém. Vegyületei nagyon mérgezőek, ugyanis a szervezetben +1-es oxidációs számba kerülve a K^+-ot helyettesíti. Környezeti szennyezésként ritkán fordul elő, mérgezés csak bizonyos ipari vagy laboratóriumi eljárásokban dolgozók körében fordulhat elő. (53)

Bizony a vegyészeknek és nekünk, kémiatanároknak is nagyon oda kell figyelnünk, mikor veszélyes vegyszerekkel dolgozunk. Térjünk vissza kicsit a *Baleset* novellában megismert Merrowdene úrhoz és szép nejéhez, aki elárulja, hogy a férfi nem mindig jár el lelkiismeretes vegyészként.

- *Egy szép napon mindannyiunkat megmérgezel – mondta kurta kis nevetéssel a felesége. – Mary a laborban találja és visszahozza őket, de soha el nem mosná, ha nem lát bennük valami nagyon feltűnőt. A múltkor az egyikbe ciánkálit tettél. Ez borzasztó veszélyes, George. (47)*

Egy másik igen „népszerű” méreg a kálium-cianid, köznapi néven ciánkáli vagy ***cián***. Nyomozónk is találkozik vele, miközben leleplezi a méregkeverő asszonyt.

– *A maga és a férje hosszú életére – mondta jelentőségteljesen, és szájához emelte a tálkáját.*
Azután elváltozott az arca. Iszonyú görcsbe rándult… próbált felugrani… kiáltani… arca szederjes lett. Hátrazuhant székében, végtagjai megvonaglottak. (47)

A ciánmérgezés tehát nem szép és nem kellemes halál. A *Gyöngyöző cián* cím regény így számol be erről:

Ajkukhoz emelték poharukat. Ittak.

Egy kis szünet állt be – aztán George előredőlt, összecsuklott a széken, kezével kétségbeesetten a torkához kapott, és vörösre vált arccal kapkodott levegő után.

Másfél perc után meghalt. (54)

Ugyanebben a könyvben, egy másik mérgezés kapcsán ezt olvashatjuk.

A ciántól elkékült arc, a görcsbe meredt ujjak… (54)

A ciánnal mérgezett ember szó szerint megfullad: a citokróm-oxidáz enzim bénításával az oxigén felvételét a vérből gátolja. A felszaporodó oxihemoglobin kárminvörös színe okozza az áldozatok bőrének kipirosodását. (14)

Nemcsak a csészébe kerülhet méreg, Christie regényalakjai ebben is találékonyak:

Bement a fürdőszobába, és felemelte a porlasztós üveget, amit használt.
A fúvókát az egyik orrlyukába illesztette, és megnyomta a gombot.
A veszélyérzet egy pillanattal elkésett… Az agya felismerte a keserűmandula idegen szagát… de ahhoz már későn, hogy megállítsa az ujját…

– *Sajnálom, hogy közölnöm kell önnel, Mr. Fenn, de Miss Zielinsky ma reggel meghalt… ciánmérgezésben.*
– *Tényleg? Ez megrázó. Valami véletlen? Vagy nem volt véletlen?*
– *Nem véletlen volt. Kálium-cianidot tettek a porlasztós üvegbe, amit használni szokott. (43)*

A kálium-cianid felismerésével valamelyest könnyebb helyzetben van az áldozat. A keserűmandula illat árulkodó lehet. Ez az illat azonban nemcsak a kálium-cianidra –

pontosabban a kálium-cianid oldódása során savas közegben keletkező, a köznyelv által szintén ciánként emlegetett hidrogén-cianidra – jellemző. Hasonló például a benzaldehid aromája is. Ahogy az arzén kimutatásánál már láthattuk, egy vizsgálóbíró, de egy jó vegyész sem hisz holmi szagoknak, másrészt a hidrogén-cianid gáz igen mérgező, nem ajánlatos szagolgatni. A ciánhidrogén nagyon veszélyes, már fedetlenül hagyott oldatának gőzei is pillanatokon belül halált okozhatnak, a ciánkáli lassabban hat: a mérgezettnek a mérgeződéstől számítva még percei (akár 20 perc is) lehetnek hátra. A cianmérgezés gyanúját többek között úgy szokás igazolni, hogy a szöveteket ezüst-nitráttal kezelik, majd a keletkező fehér színű, salétromsavban oldhatatlan ezüst-cianid csapadékot ammónium-szulfiddal, majd vas-kloriddal kezelik. Ha élénkvörös oldatot kapnak, a gyanú beigazolódott. (14)

A hogy miért olyan népszerű méreg a cián? A *Tíz kicsi néger* című regény gyilkosságait elkövető egyén így vall erről:

> *Ciánkálihoz minden háztulajdonos könnyedén hozzájuthat: rovarirtónak használják. Vittem magammal egy keveset, és a gramofonlemez lejátszása után következő feszült pillanatokban könnyű volt becsempésznem Marston majdnem üres poharába. (55)*

Gyakran a méreg bárki számára hozzáférhető. A *Gyilkosság Mezopotámiában* című regényben szintén kézközelben volt a gyilkossághoz használt méreg, hiszen egy régészeti feltárás helyszínén sokféle vegyszert használnak a megtalált régiségek tisztítására, és más feladatokra. Így számol be az esetről a történet elmesélője, az ápolónő.

> *Miss Johnson az ágyában feküdt, egész testét görcsbe rántotta a fájdalom. Amikor letettem a gyertyát és fölébe hajoltam, mozgott az ajka, beszélni próbált – de csak szörnyű, rekedt suttogás jött ki belőle. Láttam, hogy a szája sarkában meg az állán szürkésfehér a bőr, kimarta valami.*
>
> *Elfordította rólam a tekintetét, és a földön fekvő pohár felé nézett – a pohár nyilván kiesett a kezéből. Ahová esett, ott élénk piros folt éktelenkedett a szőnyegen. Felkaptam, beledugtam az ujjamat, de éles kiáltással vissza is húztam. Utána belülről is megvizsgáltam szegény Miss Johnson száját.*
>
> *A legcsekélyebb kétségem sem volt, hogy miről van szó.*
>
> *Valahogyan, szándékosan vagy véletlenül, maró savat ivott – oxálsavra vagy sósavra gyanakodtam. (...)*

Megpróbálkoztunk erős szódabikarbóna-oldattal és utána olívaolajjal. Hogy enyhítsem a fájdalmát, morfinszulfát-injekciót adtam neki.

Nem akarok kitérni a részletekre. Bebizonyosodott, hogy Miss Johnsont tömény sósavoldat mérgezte meg: ennél nem sok gyötredelmesebb halál van. (56)

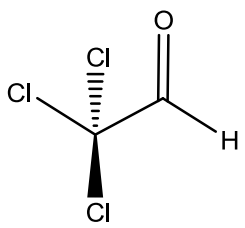
A tömény ***sósav*** minden iskolai kémia szertárban megtalálható. Főzőpohárba töltve a színtelen oldat első látásra víznek látszik, ami balesetek forrása lehet. A marási sérülések – amelyekről Christie ápolónője oly érzékletesen beszámol –, igen súlyosak lehetnek. Ezért különösen fontos, hogy körültekintően járjunk el a sósav és más maró anyagok alkalmazásakor: mindig felírjuk a főzőpohárra, mit tartalmaz. Az írónő arra is ad receptet, hogy ha már bekövetkezett a baj, hogyan kezeljük a sérült bőrfelületet: a szódabikarbóna-oldatnak mindig kézközelben kell lennie, ha erős savval dolgozunk.

Térjünk át a ***szerves vegyületek***re, melyek nagyon is mindennapi kellékei életünknek. A gyógyszerek véletlen vagy szándékos túladagolása is halálhoz vezethet. A Tíz kicsi néger című történet gyilkosa így vall erről:

Betegségem utolsó szakaszában felírtak valami altatót – klorálhidrátot. Könnyű volt annyit eldugnom, hogy végül is halálos adag volt a birtokomban. Amikor Rogers konyakot hozott a feleségének, letette egy asztalra, én meg az asztal mellett elhaladva belecsempésztem a mérget a konyakba.

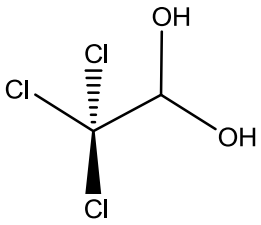
Reggeli közben belecsempésztem a maradék klorálomat Miss Brent kávéjába, amikor újra töltöttem a csészéjét. Aztán magára hagytuk az ebédlőben. Valamivel később beosontam – a nő majdnem eszméletlen volt, könnyen bele tudtam fecskendezni egy adag erős ciánkálioldatot. (55)

A ***klorál*** (triklór-aldehid) nevű vegyületet, csakúgy mint a klorál-hidrátot Liebig fedezte fel 1832-ben; kémiai összetételét Dumas állapította meg 1834-ben. Kémiai szerkezete az acetaldehidból vezethető le, abban a metilcsoport hidrogénjeit klórgyökkel helyettesítve: $CCl_3.COH$.



Klorál

Oldódása vízben erősen exoterm, ilyenkor ***klorálhidrát*** (triklór-aldehidhidrát) keletkezik. $CCl_3.CHO+H_2O \rightarrow CCl_3.CH(OH)_2$. A klorálhidrátot altatóként mintegy másfél évszázad óta használták. (31)



Klorálhidrát

Christie korában a gyógyszereket gyakran por alakban hozták forgalomba, és a beteg maga adagolta ki a szükséges mennyiséget. Ez azonban lehetőséget teremt a gyilkosoknak arra, hogy tettüket egyszerű balesetként tüntessék fel. *A hét számlap rejtélye* egy olyan esetről számol be, ahol a rendőrséget sikerül megtéveszteni.

- *Hogyan halt meg?*
- *Nem sok kétség maradt; véleményem szerint túladagolta a klórhidrátot. Ott volt az ágya mellett, a vizespalackokkal és a pohárral együtt. Az ilyesmi mindig nagyon megrendítő.* (57)

Végül azonban kiderül ez igazság:

- *Amint mondtam, Mr. Thesiger könnyűszerrel beadta a halálos adag mérget. Később, amikor már mindenki aludt, vizespalackot, poharat meg egy üres klórhidrátos üvegcsét tett Mr. Wade ágya mellé, aki ekkor már eszméletlen volt; valószínűleg az ujjait is rászorította a pohárra meg az üvegre, hogy ott találják az ujjlenyomatát, ha felmerül valamiféle gyanú a halálesettel kapcsolatban. (57)*

De jelen esetben mi is az a ***klórhidrát***? Meg kell különböztetnünk a fentebb említett, hasonló hangzású klorálhidráttól. A kérdésre néhány oldallal később olvashatjuk a választ, miután a gyilkos újabb merényletet próbált elkövetni:

- *Egyébként amikor a két fiatalember távozott a Jermyn Streetről, az egyik emberem bejutott a lakásba, megtalálta a mérgezett whiskyt és benne annyi morfium-hidrokloridot, amennyi két embert is megölt volna.* (57)

Tehát ez esetben ***morfium-hidroklorid***ról, pontosabban morfin-hidrokloridról van szó, amely a 19. század óta gyakran alkalmazott altató és nyugtatószer volt. A *Cipruskoporsó* című regényben is ezzel követnek el egy gyilkosságot:

- *Mivel vádolják?*
- *Azzal, h megölt egy Mary Gerrard nevű lányt, hogy megmérgezte morfium-hidrokloriddal. (58)*

A bírósági tárgyalás során megismerhetjük a morfium-hidroklorid hatását:

> *Peter Lordot a rendőrségi orvos szakértő követte. Tanúvallomásában hosszasan ecsetelte a technikai részleteket. A halál az úgynevezett „foudroyante" típusú morfiummérgezés következtében állt be. (...) Morfiummérgezésből kifolyólag többféle módon állhat be a halál. az esetek nagy részében a beteg felfokozott izgalmi állapotba kerül, amelyet kábultság, majd eszméletlenség követ; a pupillák összehúzódnak. Ritkábban fordul elő a francia elnevezés nyomán „foudroyante"-nak emlegetett változat, amikor is a beteg igen rövid időn belül bódult, mély álomba zuhan; ebben az esetben a pupillák rendszerint kitágulnak.* (58)

A vád egyik bizonyítéka egy orvosságos fioláról levált feliratdarabka, amiről később Poirot kideríti, hogy nem is morfium-hidroklorikumot tartalmazó üvegcséről származik.

- *Ön tehát azt állítja – folytatta Sir Edwin –, hogy ez egy apomorphinum hydroclorikumot tartalmazó fioláról származik. Tulajdonképpen mi az az apomorphinum hydroclorikum?*
- *A képlete $C_{17}H_{17}NO_2$. Morfiumszármazék, a morfium elszappanosításával nyerhető, azaz morfium és hígított sósav zárt edényben való hevítése útján. A morfium egy vízmolekulát veszít.* (58)

Ez egészen új megvilágításba helyezi az ügyet, és végül elvezet a valódi gyilkoshoz.

- *Az apomorphinum hydroclorikum közönséges neve apomorfin, valamennyi ismert hánytató közül a legerősebb, és a leggyorsabban hat. Egy-két perc alatt mutatkozik a hatása. – magyarázta Mr Littledale.*
- *Ha tehát valaki halálos adag morfiumot nyelne le, és néhány percen belül beadna magának egy apomorfininjekciót, mi lenne a következménye?*
- *Az injekciót csaknem azonnal követné a hányás, és a morfium távozna a szervezetéből. (…)*
- *Ennél a személynél tehát nem mutatkozik a morfiummérgezés legcsekélyebb tünete sem?*
- *Nem.* (58)

A gyilkos tehát ugyanúgy eszik a mérgezett szendvicsekből, mint áldozata, de egy ***apomorfin***-injekció segítségével a méreg gyorsan távozik a szervezetéből.

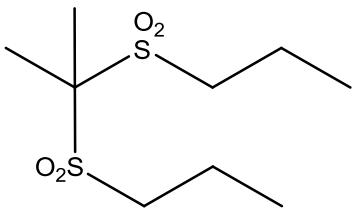
A *Tíz kicsi néger* című regényben gyógyszerek egész arzenálja kerül említésre:

- *Öten vagyunk ebben a szobában. Ötünk közül valaki gyilkos. A helyzet rendkívül veszélyes. Mindent el kell követnünk, hogy a négy ártatlan életet megmentsük. Szeretném megkérdezni, dr. Armstrong, milyen gyógyszerek vannak a birtokában?*

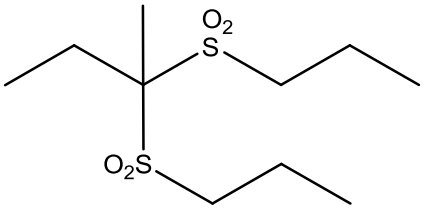
- *Van egy kis gyógyszeres dobozom – felelte Armstrong. – Megnézheti. Talál benne egy kevés altatót, trionál- és szulfonáltablettákat, egy csomag brómot, szódabikarbónát meg aszpirint. Mást nem. Ciánom nincs.*

- *Nálam is van néhány tabletta altató – mondta a bíró. – Azt hiszem, szulfonál. Valószínű, hogy a szulfonál is lehet halálos, ha elegendő mennyiséget adnak be valakinek belőle. (55)*

A ***szulfonál*** (dietil-szulfondimetil-metán) és a ***trionál*** (dietil-szulfoetiletil-metán) szerkezetében és fizikai, kémiai tulajdonságaiban is nagyon hasonlítanak egymásra: mindkettő fehér, kristályos anyag, vízben rosszul, alkoholban és éterben jól oldódnak. Altatóként alkalmazták őket. (31)



Szulfonál

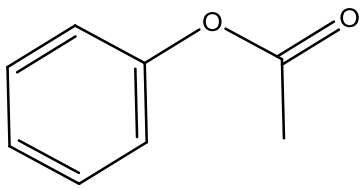


Triolnál

A ***bróm*** a halogén elemek kapcsán kerül elő az oktatásban, ahol hangsúlyozzuk, hogy igen erős méreg, bőrön marási sérüléseket, belélegezve tüdővizenyőt okoz. Mivel folyadék és nagy a tenziója, jól húzó elszívófülke alatt használjuk. Gyógyászati célokra nem az elemi brómot, hanem néhány vegyületét, például a kálium-kloridot használják. (59)

A ***szódabikarbóna***, vagy nátrium-hidrogénkarbonát a konyhák jól ismert kelléke. Használják sütőporban vagy helyette, a háztartásban függönyök mosására, és nagyanyáink még tudták, hogy a zöldségek színüket jobban megőrzik, ha főzés előtt picit szórunk a főzővízbe. A gyógyászatban a gyomorsavtúltengést enyhíti, mivel közömbösíti a gyomorsavat. (60)

Az ***aszpirin***nek, a német Bayer gyógyszergyár acetil-szalicilsav-tartalmú gyógyszerét nevezzük. Régóta közismert volt, hogy a nyírfa kérge láz és fájdalom csillapítására használható. Később egyik összetevőjét, a szalicilsavat alkalmazták, ez azonban gyakran gyomorbántalmakat okozott. Végül Hoffmann rátalált az aszpirinre, ami e mellékhatás nélkül volt képes kifejteni láz- és fájdalomcsillapító hatását. Később derült fény véralvadásgátló mellékhatására. (13)



Aszpirin

A Bayer Gyógyszergyár híres, 1898-ban forgalomba hozott Aspirin tablettájának mellékhatásait kiküszöbölendő a magyar Richter Gedeon 1911-ben előállította az acetilszalicilsav legstabilabbnak tekinthető, vízoldékony sóját, a kalcium-acetilszalicilátot, amely Kalmopyrin néven máig az egyik legismertebb gyógyszer Magyarországon. (61)

A kis belga detektív első kalandja Britanniában – amely mellesleg Agatha Christie legelső regénye – egy rendkívül agyafúrt gyilkosság bravúros felderítése volt, amelyben a tettes(ek) egy érdekes kémiai reakció segítségével próbálták elterelni magukról a gyanút.

- *Azt akarja mondani, hogy a gyilkos az élénkítőszerbe tette bele a sztrichnint? – kiáltottam.*
- *Nem volt szükség arra, hogy beletegye. Már benne volt a keverékben. A sztrichnin, amely megölte Mrs. Inglethorpot, ugyanaz a sztrichnin volt, amelyről dr. Wilkens már beszámolt. Hogy világossá tegyem az egészet, felolvasok önöknek egy részletet egy receptkönyvből, amelyet a radminsteri Vöröskereszt kórház gyógyszertárában találtam:*

„A következő híres rendelvény már a tankönyvekben szerepel:

Strychninae Sulph ……gr. 1

Kalium Bromid ……3 VI

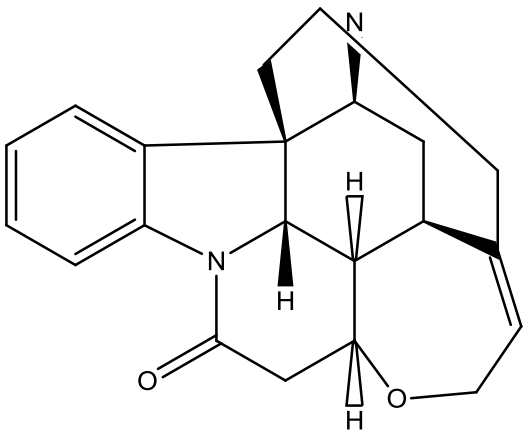
Aqua ad ……2/3 VIII

Fiat Mistura

Ebben az oldatban néhány óra alatt a sztrichninsó legnagyobb része nem oldódó bromidként áttetsző kristály alakjában kicsapódik. Egy hölgy Angliában életét vesztette azáltal, hogy hasonló keveréket szedett: A leülepedett sztrichnin az üveg fenekén összegyűlt, s az utolsó adag lenyelésekor a hölgy szinte az egészet bevette."

Dr. Wilkins élénkítőszerében természetesen nem volt bróm, de emlékeznek rá, hogy üres brómosdobozt találtam. Egy-két adag ebből a porból, amelyet egy teljes üveg orvosságba beletesznek, meggyorsítja a sztrichnin hatását, amint a könyv is leírja; méghozzá az utolsó adag lenyelésekor. A későbbiekben megtudják, hogy az a személy, aki rendszerint kitöltötte Mrs. Inglethorp orvosságát, gondosan ügyelt rá, hogy fel ne rázza az üveget, hanem zavartalanul hagyja az üledéket az üveg alján. (62)

A ***sztrichnin*** $C_{21}H_{22}N_2O_2$. az alkaloidák csoportjába tartozó vegyület, mely főleg a Strychnosmagban és az Ignác-babban (strychnos Ignatii) található. A színtelen szilárd anyag vízben oldódik, de éterben nehezen. Még nagy hígításban is keserű. Az orvosi gyakorlatban a salétromsavas formáját használták, de elterjedt volt mint patkányméreg, sőt Angliában sörök keserűségének a fokozására is alkalmazták, emiatt előfordultak véletlen mérgezéses esetek is. A mérgezés esetén többszöri görcsroham jelentkezik, végül a halál bekövetkeztekor a szívizmok adják fel a szolgálatot. (31)



Sztrichnin

A rodoszi háromszög című novellában gyógyszerek segítségével próbál megszabadulni egy férj megunt feleségétől, miközben az áhított hölgy férjére tereli a gyanút. Ám Poirot-t nem sikerül megtévesztenie.

Valentine Chantry hátrahanyatlott a karosszékben. Szívéhez kapott, az ajka elkékült.

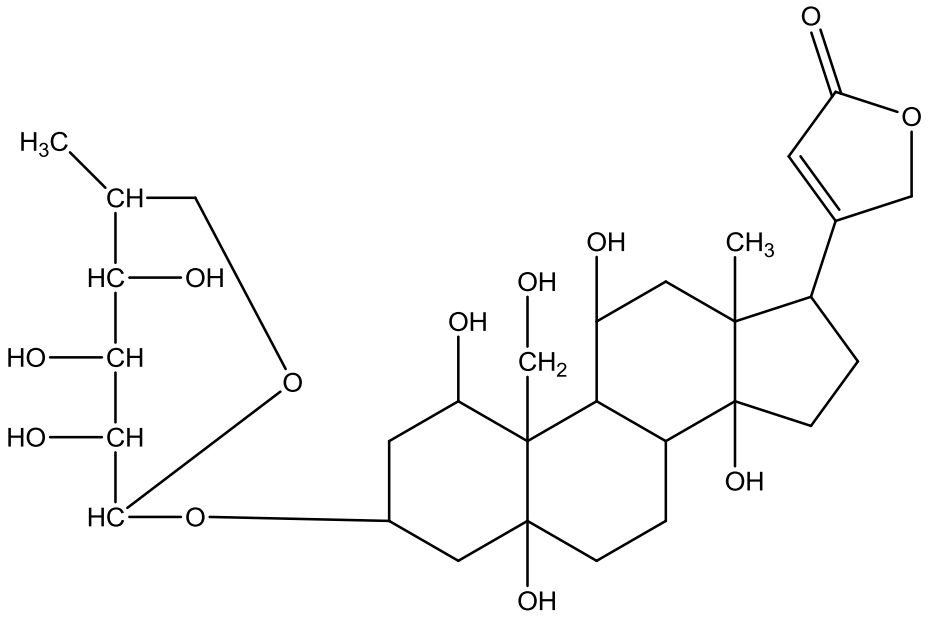
– *Olyan furcsán érzem magam – zilálta. (…)*

Valentine Chantry öt perc múlva halott volt. (63)

Ám Poirot-t nem sikerül megtévesztenie.

– *Hallottam, megtalálták a többi mérget… Mi is volt…?*
– *Egyfajta sztrofantin. Szívbénulást okoz. (…)*
– *Douglas Gold behozta neki az italt. Chantry csak ült a pohár mellett. Mikor mindannyian a szoba túlsó végébe néztünk, mert bejöttek a nők, ő a keze ügyében tartott sztrofantint beleejtette a pink gin-be, aztán udvariasan odatolta az italt a felesége elé, aki megitta.*
– *De hát a sztrofantint Douglas Gold zsebében találták meg!*
– *Gyerekjáték volt a zsebébe csúsztatni, mikor mindannyian a haldokló asszony körül tolongtunk. (63)*

A ***sztrofantin*** egy digitáliszhoz hasonló szívméreg, keserű ízű, fehér kristályos, vízben jól, éterben rosszul oldódó anyag, amelyet egy Afrikában honos növényből vontak ki. A bennszülöttek nyílméregként, a múlt század orvosai szívgyógyszerként alkalmazták. (31)



Sztrofantin

A kristálytükör meghasadt című regényben egy nőt szintén az italába rejtett méreg öl meg:

Heather Badcockkal négy gramm bietil-dexil-barbo-lorität végzett. (43)

A vegyület korántsem olyan egzotikus, mint azt a neve sejteti. Kiderül, hogy egy hétköznapi gyógyszerről van szó:

– *(…) Calmo fantázianéven hozzák forgalomba. Találkozott már vele?*

Arthur Badcock tanácstalanul rázta a fejét.

– *Amerikában jobban ismerik, mint nálunk – mondta a felügyelő.*
– *Úgy hallottam, vidám és nyugodt lelkiállapotot eredményez – felelte Cornish. – Idegfeszültség ellen adják; szorongás, depresszió, levertség, álmatlanság meg ilyesmik ellen. A szakszerűen megállapított adag nem veszélyes, de nem tanácsos túladagolni. Úgy tűnik, mintha a felesége körülbelül a szokásos dózis hatszorosát vette volna be. (43)*

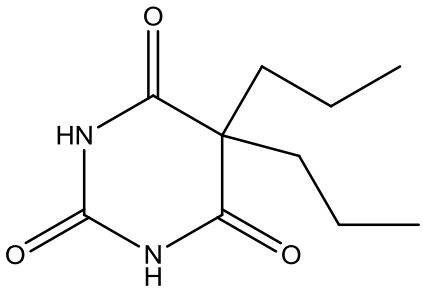
Úgy tűnik a különös nevű gyógyszer csak Christie fantiziájának szüleménye, de a névadás és a leírt hatás azt sejteti, hogy egy barbiturátról, azaz barbitursav származékáról lehet szó. A barbitursavat 1863-ban állította elő Baeyer húgysavból, de gyógyszerként csak a 20. század eleje óta alkalmazták Fischer javaslatára. Az 50-es évekre nagyon elterjedt altató és nyugtatószerré vált az Egyesült Államokban. (64) Az altatószerek közül a barbiturátokat kell a legveszélyesebb, ugyanis a mai napig gyakran írják fel őket altatószerként, és sokan

alkohollal együtt fogyasztják, ami felerősíti a hatásukat, csökkenti a halálos adaghoz szükséges mennyiséget. Általánosságban elmondható, hogy a barbiturátok normális adagjának tízszerese már halált okoz. (14)

A *Rejtély az Antillákon* című regényben a legelső gyilkosság kezdetben egy idős úr természetes halálának tűnik.

– *Megállapították, hogy halálos adagot vett be egy olyan szerből, aminek a nevét csak orvos tudja helyesen kiejteni. Ha jól emlékszem, valahogy így hangzott. Diflorhexagonal-ethylkarbenzol. Ez persze nem az igazi neve. De nagyjából így hangzik. A rendőrorvos, véleményem szerint, szándékosan úgy ejtette ki, hogy senki meg ne tudja, tulajdonképpen micsoda. Bizonyára van valami egészen egyszerű, szép, könnyű neve is, mint például az Evipan vagy Veronál vagy Easton-féle szirup vagy ehhez hasonló. A másik a hivatalos neve, és arra való, hogy elképesszék vele a laikusokat. Akárhogy is, egy jókora adag, ahogy értesültem, halált okoz, és a tünetek nagyon hasonlítanak a magas vérnyomás tüneteihez, amelyeket még súlyosbít a túlzott alkoholfogyasztás egy vidám estén. Szóval mindez tökéletesen természetesnek tűnt, és senki sem akadt, aki egy pillanatig is kételkedett volna. Azt mondták „szegény öreg fiú", és gyorsan eltemették. Most pedig azon tűnődnek, egyáltalán volt-e valaha is magas vérnyomása. (65)*

A ***veronál*** vagy barbitál (5,5-dietil-barbitursav) és az Evipan (hexobarbitál) szintén a barbitursav származékai. (66)



Veronál

Hogy elterelje magukról a gyanút, illetve senkiben fel ne merüljön mérgezés gondolata, Agatha Christie-nél a gyilkosok agyafurtabbnál agyafurtabb cselekhez folyamodnak. Az ókori Egyiptomban játszódó, *És eljő a halál…* című regény egyik szereplője így beszél erről:

– *Vannak lassan ható mérgek, nem azonnal ölnek. Láthatatlanok, észrevétlenek. Egy csöppnyi belőlük mindennap… Több hónapnyi gyöngeség után jön a halál… az asszonyok ismerik a módját. Van, aki így szabadul meg a férjétől, s mindenki azt hiszi, természetes halállal halt meg. (…) Bár*

az ételét megkóstolja egy szolga, de ez az óvatosság nem jelent semmit, mert olyan kis mennyiség látszólag nem okoz semmi bajt. (67)

Ugyanitt olvashatunk egy másik különös gyilkosságról is. Az áldozat a halála előtt rájön, hogyan tört valaki az életére, de már késő, nem tehet semmit.

Később arra ébredt, hogy furcsán hideg van. a keze, a lába zsibbad, és jéghideg… mintha valami szorító kéz markolná a testét mindenütt. az agyába kúszott ez a merevség, megbénította az akaratát, lelassította a szívét. (…)

Aztán bevillant valami az agyába. ez nem a természet műve! Ez az ellenség keze, aki a sötétből tört rá…

Méreg…

De hogyan? Mikor? Minden, amit megevett és megivott – nem volt abban semmi hiba…(…)

Hirtelen, valahonnan a múlt homályából egy kósza emlékfoszlány jött a segítségére. A bárány lenyúzott bőre – a bűzlő faggyúkupac. Az apja kísérletezett, hogy bizonyos mérgek a bőrön át hatnak. Birkafaggyú – a kencéket faggyúból készítik. Így jutott el hozzá az ellenség. Az illatosított kenőcs, amely olyannyira hozzátartozik az egyiptomi nő életéhez. A méreg abban volt… (67)

A leselkedő halál háza című novellában a jól ismert arzén az ételben recepttel kezdődik a mérgezések sorozata:

– *Nem sokkal később, aki evett a csokoládéból, az súlyosan megbetegedett. Orvost hívtunk, aki a maradékot magával vitte. Mr. Blunt, a vegyelemzés szerint az ajándékba küldött édesség arzént tartalmazott. Nem halálos dózisban, de ahhoz éppen elegendőt, hogy komoly rosszullétet okozzon. (68)*

A tragédia azonban az óvintézkedések ellenére bekövetkezik. A halálesetek kivizsgálásával foglalkozó nyomozónak ezt mondja az orvos.

– *Éppen a csokoládéból kiindulva arra gondolok, hogy a halált ételmérgezés okozta, mégpedig annak egy különösen heveny fajtája, ami gyomor- és bélhurutot, valamint gyomorvérzést váltott ki. A fügepépet ezért analizáltatni fogom.*
– *Arzénmérgezésre gyanakszik?*
– *Nem. Ez a méreg – ha valóban az – az arzénnál sokkal hatékonyabb és gyorsabb. Inkább valamilyen erős, növényi eredetű méreghez hasonlatos. (68)*

A vizsgálatok eredménye igazolja a sejtést, erről Blunt nyomozót és társnőjét levélben tájékoztatja az orvos.

„Tisztelt Mr. Blunt!

Minden okom megvan azt hinni, hogy a mérgezést ricinussal, ezzel a pusztító erejű növényi fehérjeméreggel követték el."(…)

- *Sosem voltam a ricinusolajtól elragadtatva, mostantól kezdve azonban határozottan utálom.*
- *Az olajjal nincs semmi baj. A mérget a növény magjából nyerik ki. Mintha ma reggel a kertben láttam volna néhányat – fényes, nagy levelű növény.*
- *Gondolod, hogy valaki a háziak közül kotyvasztotta azt a szörnyűséget? Hannah vajon képes lehet rá?*
- *Nem valószínű. Az ilyesmihez szaktudás kell.*

Tommy váratlanul felkiáltott.

- *Az a könyv! itt van még a zsebemben? … Igen. – kivette, és sebesen lapozni kezdett benne. – jól sejtettem. Ezen az oldalon volt nyitva ma reggel. Látod, Tuppence? Ricinus!* (68)

Mint utóbb kiderül a gyilkosnak meg is van a szaktudása. Mégpedig úgy alkalmazza a mérget, hogy – bár ő is fogyaszt a mérgezett ételből – rá ne legyen súlyos hatással. A nyomozónő azonban leleplezi:

- *A háború alatt kórházban dolgoztam. Vannak fogalmaim a szérumos gyógykezelésről is. Történetesen tudom, hogy ha a ricinust kis adagokban a bőrszövetbe injekciózzák, antianyag termelődik, ami immunitást biztosít. Éppen ez a felismerés az alapja a védőoltásoknak. Maga nagyon jól tudta ezt, Miss Logan. Időnként kis adagokban ricinust fecskendezett a karjába. Mindent tudott a ricinusról, még azt is, hogyan lehet kivonni a magjából.* (68)

A ***növényi kivonatok***ból nyert anyagok a 20. században, a szintetikus gyógyszerek elterjedésével visszaszorultak ugyan, de nem mentek ki teljesen a „divatból".

A ***ricinus*** a trópusi Afrikából származik, a Földközi-tenger mellékén meghonosodott gyógy- és dísznövény. Magyarországon is ültetik dísznövényként. A növény zsíros olajokat tartalmaz a ricinolsav trigliceridjeivel, a mag pedig az erősen mérgező ***ricin*** fehérjét és a kevésbé mérgező ricinin piridin-alkaloidot. Gyógyászati alkalmazásra a babszerű, mérgező magjából hideg sajtolással készült ricinusolajat (oleum ricini) hashajtó szerként használták. A sajtolás

után közvetlenül még nem használható gyógyszerként, mert az így nyert olaj még tartalmazza a mérgező ricint, amit forró vízzel történő ismételt felfőzéssel távolítanak el. (69)

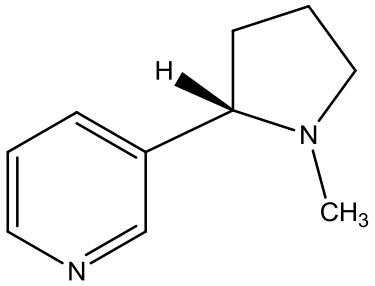
Nem is gondolnánk, hányféle mérgező növény nő az udvarunkon vagy akár a konyhakertben. Az *Egy maréknyi rozs* című regény orvosszakértője okoz némi meglepetést a nyomozást végző felügyelőnek.

- *Taxin?! Most hallom először.*
- *Nem csodálom. Felettébb szokatlan. Mondhatom, élvezetesen szokatlan. Valószínűleg magam sem ismertem volna fel első látásra, ha nem akad dolgom ugyanilyennel három-négy héttel ezelőtt. Egypár kislány babazsúrt rendezett… bogyókat szedtek egy taxusról, tudja, tiszafáról, és abból főztek teát.*
- *Tiszafabogyó…?!*
- *Az. Vagy levél. Igen mérgező. A taxin, természetesen, az alkaliodája. (…)*
- *Valamit motyogott a teáról… hogy az irodában a teájába tettek valamit… de hát ez természetesen képtelenség. (…)*
- *Miért volna képtelenség?*
- *Mert ilyen hamar nem hathatott a méreg. Tudomásom szerint a tünetek nyomban azután léptek fel, hogy Fortescue megitta a teát?*
- *Igen, azt mondták.*
- *Nos, igen ritka az ennyire gyorsan ható méreg, természetesen a cianidok kivételével… esetleg még a tiszta nikotin…*
- *És ez esetben határozottan ki van zárva a cián és a nikotin?*
- *Drága öregem. Akkor meg sem érte volna, míg a mentők odaérnek. Nem, nem, ezt verje ki a fejéből. Meg vallom, először sztrichninre gyanakodtam, de a görcsök egyáltalán nem voltak tipikusak.*
- *Nem is hinné, milyen különös dolgokat tapasztalunk néha. Volt például egy digitaliszmérgezéses esetünk. . Kiderült, hogy tévedésből gyűszűvirág levele került a konyhára, torma helyett. (70)*

A ***taxin*** nevű, igen kis mennyiségben is halált okozó, diterpén alkaloidot a tiszafa szinte minden része tartalmazza, kivéve a piros színű, húsos magköpenyét. A méreg egy órán belül fejti ki hatását. (71)

A ***nikotin*** a dohányban és más rokon fajokban megtalálható alkaloid. A színtelen, olajos anyag szintén erős méreg, emberre halálos adagja mindössze 60 mg. Akut mérgezés esetén remegést, eszméletvesztést, majd a légzőizmok bénulása révén halált okozhat. Egy szivar ennek kétszeresét tartalmazza, de a dohányzás során szervezetbe kerülő mennyiség letüdőzés esetén ennek 10%-a, az is hosszú időn át hat, így ritkán okoz súlyosabb tüneteket.

A cigaretta nikotintartalmát a gyártók csökkentik. Veszélye inkább abban áll, hogy nagyon erős függőséget okoz. (13)



Nikotin

A ***digitálisz*** a gyűszűvirágban található szteroid-glikozidok gyűjtőneve, régóta sikerrel alkalmaznak szívgyógyszerként. A magyar Richter Gedeon 1912-ben előállította az első tisztított digitálisz (gyapjas gyűszűvirág)-kivonatot (Adigan), melynek előnye a hasonló készítményekkel szemben az volt, hogy a tisztítás során eltávolították a gyomorpanaszokat okozó szaponint. (61)

Néha egészen különleges anyagokról olvashatunk. *A titokzatos négyes* című regényben Poirot egy igen sikeres, nemzetközi bűnbanda után nyomozva egy gyilkossági ügybe botlik.

- *Állítása ellenére, hogy nincs rosszul, az orvos úgy találta, hogy a gyanúja következtében fellépő sokk valószínűleg megviselte, mert a szíve rakoncátlankodik. Ennek megfelelően beadott egy injekciót, nem narkotikumot, hanem sztrichnint.*
- *És ezzel, azt hiszem, vége a történetnek, kivéve az egész dolog bökkenőjét, azt, hogy a curryben annyi ópiumot találtak, ami két embert is megölt volna. (48)*

A megoldás egy gyógyszerészeti könyv segítségével érkezik.

- *Gelsemini Radix. Sárga jázmin. Összetétel: gelsemini alkaloida $C_{22}H_{26}N_2O_3$, egy, a coniinhez hasonlóan ható, gyorsan ölő méreg; gelsemin $C_{12}H_{14}NO_2$, ami úgy hat, mint a sztrichnin, gelseminsav stb. A gelsemium erős depresszáns. a központi idegrendszerre hat. a hatás egy utolsó fázisában lebénítja a motoros idegvégződéseket, és nagy adagban szédülést és az izomerő elvesztését okozza. A halál a légközpont lebénulása következtében áll be.* (48)

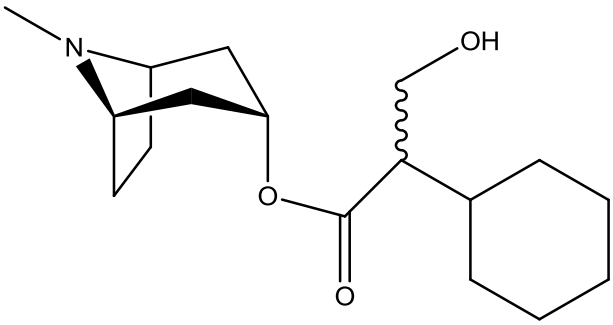
Miss Marple-nek szintén egy gyógyszerkönyvet lapozgatva sikerült lefülelnie egy agyafúrt gyilkost. Az áldozat utolsó szavai vezették a helyes irányba.

– *Gyorsan a megfelelő oldalhoz lapoztam. Elolvastam, mit ír a pilokarpinról meg a szemre gyakorolt hatásairól meg sok egyébről, aminek nem sok köze lehetett ehhez az esethez, és végül egy igen figyelemre méltó mondatra találtam: Sikerrel alkalmazzák az atropinmérgezés ellenszereként. (…)*

– *A gyógyszerekről természetesen nem tudok semmit – mesélt tovább Miss Marple –, de azt véletlenül tudtam, hogy amikor romlani kezdett a látásom, az orvos cseppeket írt fel nekem, amiben atropin-szulfát volt.*

– *És ugyanabban az orvosi könyvben, amelyet aztán továbbolvastam – rendkívül érdekes dolgokat találtam benne -, leírták az ételmérgezés meg az atropinmérgezés tüneteit is, és a kettő bizony eléggé hasonló. (72)*

Az ***atropin*** nevű alkaloida, amely a maszlagos nadragulyában is megtalálható, pupillatágító hatása régóta ismert. Valójában a D- és L-hioszciamin racém elegye. A növény latin nevét, Atropa belladonna feltehetően onnan kapta, hogy a latin nők a szemükbe cseppentett nadragulya-kivonattal varázsoltak maguknak vonzó tekintetet, így lett belőlük bella donna, azaz szép asszony. Ezen kívül szívritmust gyorsító, továbbá szédülést, hányingert keltő hatása is van. (73) Ez utóbbi miatt gondolhatták az áldozat halálát ételmérgezésnek.



Atropin

A ***pilokarpin*** egy dél-amerikai örökzöld cserje leveleiben található alkaloid, élettani hatásai többnyire éppen ellentétesek az atropinéval. Manapság is használatos a gyógyászatban, például szemnyomást csökkentő hatása miatt a glaukóma kezelésére. (74)

Az ókori Egyiptomban játszódó *És eljő a halál* című regény egy régóta ismert, ma is használt anyagról beszél, amelynek túladagolása egy fiú halálát okozta.

– *Az a fiú – a pásztorfiú, tudod – mélyen alszik ma reggel a gabonahombárok mellett, s mindenki rázogatja, meg kiabál a fülébe, és nagyon úgy tűnik, hogy most már soha többé nem ébred fel. Mint*

aki máklevet ivott – talán így is történt –, de ha igen, ugyan ki adta neki? (…) A fiú elmondta, amit látott. mondta, hogy őt látta… és ezért ő visszajött, s mákonnyal elaltatta örökre. (67)

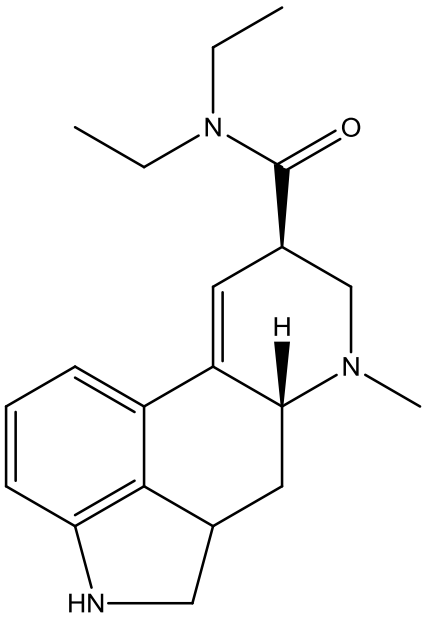
Az ***ópium*** (gör. máktej) vagy mákony a mák éretlen termésének a levegőn koagulált nedve, amely sokféle alkaloidát tartalmaz (morfin, kodein, papaverin stb.). Erős narkotikum. A gyógyszeripar fájdalomcsillapítóként, görcsoldóként stb. használja. Rómában, Perzsiában, Indiában már időszámításunk előtt is használták. Európában a 17. századtól a vezető fájdalomcsillapító. Az ópium és származékai az ópiátok, ezek az anyagok a központi idegrendszerre hatnak. 1805-ben különítették el legfontosabb hatóanyagát, a morfint, más néven morfiumot. Ezen kívül megtalálható még benne a kodein, tebain, papaverin, narkotin, narcein. Mesterséges ópiátok a hidrokodein, heroin. (75)

III. 2. 2. Kábítószerek

A krimiírónő „hősei" nem mindig ölik meg áldozatukat. Másképp is ki tudnak vonni a forgalomból valakit, nem szükséges túladagolni a „mérget". A *Harmadik lány* című regény címszereplőjét kábítószerek bódító hatása alatt tartották rosszakarói.

- *Valaki – talán a fiú, talán más – a tudtán kívül kábítószerezte, nem ezeket a meg divatos pirulákat kapta, mint a „bíbor szív". Egy érdekes keveréket: LSD, hasis és jó néhány más, különös anyag elegyét. Ezek összetételét nem kívánom a tudomásukra hozni. Az lsd igen erőteljes és élénk fantáziaképeket – hol lidérces, hol kellemes álmokat indít el az emberben. A hasis eltorzítja az időfaktort, s azt a képzetet kelti, mintha egy néhány perces élmény órákig tartana. Valaki vagy valakik – akik igencsak értenek a drogokhoz – alaposan ellátták annak a szerencsétlen lánynak a baját. Egyéb kábítószereket és nyugtatókat is felhasználtak, így a markukban tarthatták.* (46)

A kábítószerek általában alkaloidok, ebbe a vegyületcsoportba tartozik az úgynevezett ***LSD*** is, kémiai nevén lizergsav-dietilamid, melyet az anyarozsból nyert lizergsavból állított elő mesterséges módon Albert Hofmann 1938-ban. (76)



LSD

Egy nyomozónak tehát jól kell ismernie a különböző gyógyszerek, növényi kivonatok tüneteit. Miss Marple – bár maga is nagyon tájékozott a témában – a *Rejtély az Antillákon* című regényben hatalmas segítséget kap egy Jackson nevű ápolótól.

- *Jól ért a gyógyszerekhez?*
- *Ó, igen. Elég jól megismertem egy csomót. Szerintem túl sok van belőlük. Túl sok nyugtató, és serkentő, és egyéb csodaszer. Még jó, ha receptre adják, de sokféle kapható recept nélkül is. Egyik-másik veszélyessé is válhat.*
- *Minden bizonnyal– mondta Miss Marple.*
- *Nagy hatással vannak a viselkedésre. Itt van például a tizenévesek hisztériája. Az okai nem természetesek. Azok a gyerekek szednek valamit. Egyébként nincs ebben semmi új. Ezek ősidő óta ismert dolgok. Keleten például – nem mintha jártam volna arra – mindenféle furcsaságok történnek. Nem is hinné, mi mindent adnak be ott a nők a férjüknek. Indiában például, a régi rossz időkben, ha egy fiatalasszony öregemberhez ment feleségül… Megszabadulni éppen nem akart tőle, mert félt, hogy őt is elégetik a halotti máglyán, ha meg nem, akkor a család kiközösíti. Nem volt jó üzlet akkoriban özvegyasszonynak lenni Indiában. De azt megtehette, hogy kábítószert adjon a férjének, félkegyelműt csináljon belőle, látomásokkal gyötörje, kis híján az őrültségbe hajszolja. – Jackson bólogatott. – Bizony sok sötét história történt arrafelé. Aztán például a boszorkányok. Miért tettek mindig vallomást, miért ismerték el olyan buzgón, hogy csakugyan boszorkányok, hogy boszorkányszombaton seprűnyélen röpködnek?*
- *Mert megkínozták őket – mondta Miss Marple.*

– *Nem mindig – felelte Jackson. – Persze a kínzás sokat magyaráz, de egy részük vallomást tett, még mielőtt a kínzás szóba került volna. Inkább dicsekvés volt az, nem vallomás. Ezek ugyanis mindenféle kenőcsöket használtak, talán hallott már róla. Kenetnek nevezték. Belladonna, atropin meg ilyesmi volt ezekben a készítményekben, ha az ember bedörzsöli a bőrébe, látomásai támadnak: lebeg vagy röpül a levegőben. Azok a szegény ördögök meg azt hitték, hogy mindez színtiszta igazság. Vagy vegyük a Gyilkosok Szektáját – Szíriában, Libanonban vagy valahol arrafelé, a középkorban. Hasissal etették őket, amitől a paradicsomban érezték magukat, a hurik között, végtelen kéjben. Azt mondták nekik, hogy ez vár rájuk a haláluk után is, de csak akkor, ha előbb rituális gyilkosságot követnek el. Talán nem mondom elég szakszerűen, de ez volt a lényege.* (65)

Az idős hölgy innentől jó nyomon jár, hamarosan rájön, hogyan kábítja el a többszörös gyilkos férfi gyanútlan feleségét.

– *Az arckrémbe kevert belladonna éppen ilyen tüneteket idézhet elő. Mollynak öntudatlan pillanatai lehettek tőle. Olyan időszakok, amelyekről nem tudott számot adni, álmok arról, hogy röpül a levegőben. Nem csoda, hogy megrémült. Az elmebetegség minden tünetét produkálta.* (65)

A hazánkban is vadon termő maszlagos nadragulya (Atropa belladonna) tropánvázas alkaloidokat tartalmaz, köztük ***atropin***t és ***belladonin***t.

A bűnözők – és az őket üldöző hivatalos szervek – olykor olyan eszközökhöz nyúlnak, amelyekkel néhány percre, órára „vonják ki a forgalomból" ellenfeleiket. Az eszméletvesztést előidéző anyagokat többféle módon lehet alkalmazni. Hastings – Poirot hűséges barátja – így számol be *A titokzatos négyes* nevű bűnszövetkezet elleni nyomozásuk egyik eseményéről:

Aztán láttam, hogy a kínai felemelt karokkal visszaugrik, majd sűrű füstfelhő kerekedett körülöttem, fojtogatott… megölt…
Éreztem, hogy zuhanok… fulladok… ez volt a halál…
Lassan és fájdalomtól elgyötörten tértem magamhoz, minden érzékem kábult volt. (48)

Hogy honnan eredt a titokzatos füst, amely Hastingset és az őt fogva tartó bűnözőket elkábította? Erre Hercule Poirot, a neves detektív ad választ:

– *Nem olyan régen szolgálatot tettem egy nagyon híres vegyésznek, aki a háború alatt sokat dolgozott mérges gázokkal. Készített nekem egy aprócska bombát – amit egyszerűen és könnyedén magammal tudok vinni –, csak el kell dobni, és puff! – Füst aztán eszméletvesztés. (48)*

Sajnos az nem derül ki, hogy pontosan mit tartalmazott a nagyon híres vegyésztől kapott füstbomba. A detektívtörténetekben azonban „egyszerűbb” módja is annak, hogy valakit elkábítsanak.

– *Kártérítést fogok követelni! Hisz ez valóságos merénylet! Éppen a Killagrippe-üvegemet kerestem, mikor egy férfi hátulról rám támadt, egy kis üvegcsét dugott az orrom alá, s még mielőtt levegőt vettem volna, már el is ájultam. (…)*

A rendőrfelügyelő üvegdarabot tartott a kezében. Megszagolta, aztán odaadta Tommynak.

– *Etil-klorid. – mormolta. – Azonnali altatószer. Hatása azonban csak néhány percig tart. (68)*

A klór-etán vagy ***etil-klorid*** egy halogénezett szénhidrogén, az etán klórtartalmú származéka. Színtelen, jellegzetes szagú gáz, könnyen cseppfolyósítható. A klór-etán gőzök kábító, narkotikus, gyengén altató hatásúak. Vízben csak kis mértékben oldódik, de jól oldható alkoholban és éterben. Gyúlékony gáz. A cseppfolyósított klór-etánt a gyógyászatban helyi érzéstelenítésre használják, úgy hogy cseppfolyósított klór-etánt fecskendeznek a bőrre, amely gyorsan elpárologva a szövetekből hőt von el, ezáltal csökkenti a fájdalomérzetet. (31)

Nem jutott tovább. Erős karok ragadták meg hátulról, s mielőtt még szólhatott volna, valami édeskés, émelyítő dolgot nyomtak a szája és orra elé.

Derekasan küzdött, de a kloroform gyorsan megtette a magáét. Fordult kettőt körülötte a világ, s eszméletlenül csuklott össze. (68)

A ***kloroform*** (régi magyar nevén hangyanyhalvag) a halogénezett szénhidrogének közé tartozó szerves vegyület, melynek összegképlete $CHCl_3$. Kloroformot először Liebig és Souberian állított elő etil-alkohol és klórmész reakciójában, 1831-ben. Összetételét Dumas ismerte fel először helyesen, 1835-ben. Színtelen, kellemes szagú, édeskés ízű folyadék. Vízben rosszul, szerves oldószerekben (benzolban, alkoholban, éterben) jól oldódik. A szerves molekulákat általában jól oldja, ezért az egyik legelterjedtebb oldószer. Tárolása körültekintést igényel, mert a levegő oxigénje és fény hatására nagyon mérgező foszgén és hidrogén-klorid keletkezik. Korábban gőzeit altatásra használták, mert a kloroform gőzei kábító, narkotikus hatásúak. Altatószerként ma már nem használatos, mert szívbénulást és májkárosodást okozhat. (77) Fontos megemlítenünk, hogy hatása nem éppen úgy történik, ahogy az a bűnügyi történetekben megjelenik. Az áldozat nem alszik el rögtön az után, hogy a kloroformmal átitatott zsebkendőt az orrához szorítják. Valójában küzdeni fog, és még ha aludt is, felébred. Jó néhány percbe telik, míg hatni kezd. A kloroform okozta görcsrohamról

szó sincs a filmekben, ahogy az sem derül ki, hogy az a dózis, amitől az áldozat összeroskad, nem áll távol attól, amitől a szívizmokban kialakuló bénulás miatt meghal. Ezért fontos felhívnunk diákjaink figyelmét, hogy soha, még viccből se próbálják ki. (14)

III. 2. 3. Robbanóanyagok

Agatha Christie műveiben – ha nem is gyakran – előfordulnak robbanások is. *A Gyilkosság a paplakban* című regény rejtélyének megoldásához egy kis, barna kristály – és persze az őt megtaláló lelkész – nyújt segítséget.

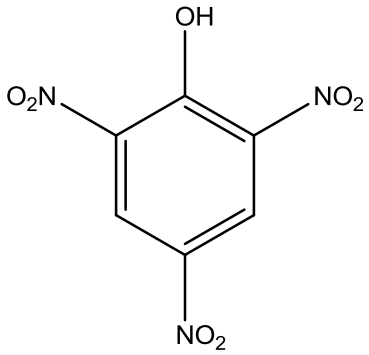
> *Elővettem a zsebemből az erdőben talált kis barnás kristályt, Haydock elé tartottam, és megkérdeztem, mi lehet az.*
>
> – *Hm. – Haydock tétovázott. – Úgy szemre, mintha pikrinsav volna. – Hol találta?*
> – *Ez már Sherlock Holmes titka – feleltem.*
>
> *Haydock mosolygott.*
>
> – *Mi az a pikrinsav?*
> – *Robbanóanyag.*
> – *Igen, azt tudom, de ugye, másra is jó?*
> – *A doktor bólintott.*
> – *Orvosi használatban, az oldata. Égési sebekre igen kitűnő. (78)*

A megoldást Miss Marple-nek köszönhetjük, aki – ahogy tőle megszokhattuk – nagyon otthonosan mozog a szerves kémiában.

> – *Azt nem tudom pontosan, hogyan mesterkedett Mr. Redding. De úgy tudom, a pikrinsav robban, ha súlyt ejtenek rá, és ugyebár, emlékszik, drága tiszteletes úr, hogy találkozott Mr. Reddinggel, amint egy nagy követ cipelt az erdőnek abban a részében, ahol maga a kristályt megtalálta. Ó, az urak ügyesek az ilyesmiben – a követ bizonyára felfüggesztette Mr. Redding, és időzített gyújtózsinórt helyezett el alatta… holmi lassan égő gyufát talán? Valamit, ami pontosan húsz perc alatt ég át, hogy a robbanás fél hétkor következzék be (…) (78)*

A ***pikrinsav*** – avagy 2,4,6-trinitrofenol – sárga kristályos vegyület, vízben rosszul, alkoholban jól oldódik. Peter Woulfe állította elő 1771-ben a selyem salétromsavas lebontásával. Egyértékű, erős sav a fenolos hidroxilcsoportja révén. Erősebb melegítése hatására felrobban, emiatt régebben melinit vagy liddit néven robbanószerként használták. A

pikrinsav sóit pikrátoknak nevezzük, melyek közül sok szintén könnyen robban, különösen a nehézfémekkel alkotott sók. (31)



Pikrinsav

III. 2. 4. Érdekességek

Agatha Christie kémiai jártassága nem korlátozódott azonban kizárólag a mérgek, gyógy- és kábítószerek világára. Ismereteivel – amelyek gyakran a középiskolai kémiaoktatás szerves részét képezik – képes érdekes fordulatokat vinni a történetekbe.

A már többször idézett *No. 16.* című kötetben Tommy Beresfordnak jó szolgálatot tesz a kémiaszertárak egy szokványos kelléke.

> – *Természetesen rágyújthat – de semmi trükk! Ne feledje, itt a pisztoly a kezemben. (…)*
>
> *Tommy kivett egy szál gyufát, és készenlétben tartotta. (…)*
>
> – *Hát jó. Sötétséget nem teremthetek, de mit szólna egy kis fényhez?*
>
> *Miközben beszélt, a gyufásdobozt hozzádörzsölte valamihez, amit a kezében tartott, majd odadobta az asztalra.*
>
> *Vakító villanás töltötte be a szobát.*
>
> *A „herceget" elvakította az erős, fehér fény, pisztolyos kezét a szeméhez kapta. Ekkor valami éles eszköz szúrását érezte a mellkasán. Kinyitotta a szemét.*
>
> – *Dobja el a pisztolyt! – parancsolt rá Tommy. – Gyorsan! Abban egyetértünk, hogy egy sétabottal nem sokra megy az ember. De egy tőrös bot annál hatásosabb fegyver. Nem gondolja? Csaknem olyan hasznos, mint a magnézium drót. Dobja el a pisztolyt!* (68)

Közismert, hogy a fém ***magnézium*** igen erős fényjelenség közben reagál a levegő oxigénjével. Igen erős oxidálószer, az égést szén-dioxidban is folytatja, nitrogénben csak halványan világít. E tulajdonságai miatt többek között villanófényporok, világító rakéták, víz

alatti fáklya, gyújtóbombák készítésére is használják. Az égése során keletkező fényt a fényképezés korai szakaszában a vaku őse szintén tartalmazott magnéziumot. (79)

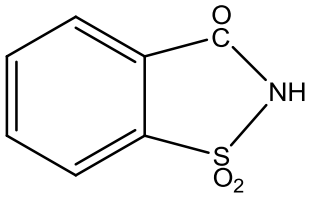
A kék muskátli című novella igazi kincsestára a korábban hétköznapinak számító vegyi anyagoknak.

- *Emlékszem viszont, hogy amikor a kertészem ciánkálit kevert egy bödön vízbe, arra gondoltam, nini, hát ez mennyire hasonlít a repülősóra! És ha az igazi helyett egy repülősós üvegcsébe ennék… mindenesetre az a szegény asszony mindegyre a repülősóját szagolgatta. Azt mondták az imént, ott találták meg az ágyán, a keze mellett. Aztán, miközben Mr. Pritchard az orvosnak ment telefonálni, a nővér nyilván visszacserélte az igazira, és épp csak egy kicsit megnyitotta a gázcsapot, hogy senki ne éreztesse a mandulaszagot, meg hogy meglegyen a magyarázat, ha valaki netán kissé rosszul érezné magát; én egyébként mindig azt hallottam, hogy a ciánnak nem marad nyoma, ha elég hosszú idő eltelik. (…)*
- *De mi van a kék muskátlival meg a többi virággal?*
- *A nővérek – felelte Miss Marple – mindig tartanak maguknál lakmuszpapírt, nem igaz?(…) Sav hatására a kék szín pirossá változik, a piros pedig lúg hatására kékké. Nem olyan nagy ügy egy kis piros lakmuszpapírt ráragasztani egy piros virágra – közvetlenül az ágy mellett, persze. Aztán pedig, amikor a szegény asszony a repülősójából szippantgatott, az ammónia erős kigőzölése a virágot kékké változtatta. Rendkívül agyafúrt ötlet. A muskátli akkor még természetesen nem volt kék, amikor Mrs. Pritchardra rátörték az ajtót – ki figyelt akkor arra? Csak később tűnt fel nekik. Amikor a nővér kicserélte az üvegcséket, a szalmiáksót egy ideig szorosan a tapétához tartotta, gondolom. (80)*

Ezek közül a ciánkálival és a lakmusszal már találkoztunk. De mi az a ***repülősó***, és miért szagolgatta olyan gyakran az áldozat? Az ammónium-klorid fehér, kristályos anyag, könnyen előállítható sósav és ammónia reakciója révén. Állítólag jellegzetes ammóniaszaga felébreszti az ájultakat. Élelmiszerekben savanyúságot szabályzó anyagként (E 510 számmal jelölik), illetve élesztőt tartalmazó pékárukban alkalmazzák. (81)

- *A marcipántorta mázába nyilván ezerédest tettek, szacharint. Mifelénk, tudod, így mondják. Amikor meghallottam, hogy a társalkodónő fogyókúrázott, aztán mégis marcipántortát ettek, és hogy a férj ezerről ír valakinek a levelében, a dolgokat automatikusan összekapcsoltam. Ez az, amiben az arzén volt – az ezerédesben. Odaadta a lánynak, és megmondta neki, hogy tegye bele a tortába.* (82)

A ***szacharin*** nevű édesítőszer másik neve, az ezerédes arra utal, hogy az anyag sokkal édesebb a cukornál, lényegesen kevesebb mennyiséggel elérhető ugyanaz az ízhatás. A szacharin 300-500-szor édesebb a cukornál. Kémiai neve 3-oxo-2,3-dihidro-benzo[d]izotiazol-1,1-dioxid, mivel vízben csak kis mértékben oldódik, gyakran a nátrium-, kálium-, kalciumsóit használják helyette. (83)



Szacharin

Agatha Christie második férje, a régész Max Mallowen oldalán betekintést nyerhetett a régészeti feltárások munkafázisaiba, és ő maga is sokat segített az ásatásokon. Nem kétséges, hogy a *Gyilkosság Mezopotámiában* című regény megírásában rengeteg ötletet meríthetett ebben az időszakban nyert tapasztalataiból. A kémia ebben a tudományágban is hasznosnak bizonyul.

– *Utána dr. Leidner és Mr. Mercado holmi cserepeket kezdtek el tisztogatni. Miután meglocsolták vizes klórsavoldattal, az egyik edény szép szilvaszínű lett, egy másikon bikaszarvminta bukkant elő. Olyan volt ez, mint valami varázslat. Az a sok rászáradt sár, amit soha le nem lehetett volna mosni, először valahogy elkezdett habosodni, aztán egyszerűen elpárolgott. (56)*

A ***klórsav***val ($HClO_3$) középiskolában a halogénoxosavak tanítása közben kerül elő, igen erős oxidálószer. A klórsavak többesszámban lévő kifejezést régiesen használják mint a halogénoxosavak szinonimáját, amibe beletartozik a hipoklórossav (HClO), klórossav ($HClO_2$) és a perklórsav ($HClO_4$) is. (31)

IV. „Nyomozás” az iskolában

Ahogy láthattuk, a detektívtörténetek és bűnügyi filmsorozatok sok érdekes és tanulságos elemet tartalmaznak a kémia tárgyköréből. Ezeket a közoktatási kémiaórákon, a fakultációkon és a szakkörökön is felhasználhatjuk. Egyébként sem árt kicsit napra késznek lenni – főleg a helyszínelő-sorozatok kémiai technikai hátterét illetőleg –, mert éles szemű és érdeklődő diákjaink feltehetnek kérdéseket, amelyek más tanulók figyelmét is felkelthetik a tantárgy iránt.

A dolgozatot nem csupán érdekes olvasmánynak szánom. Szeretném, ha fenti példák behozhatóak lennének a közoktatásba is. A magántanítványaimmal való foglalkozás során gyakran merült fel részükről a kérdés, hogy mire jó ezt tanulnunk, hogyan használhatom ezt a tudást a mindennapi életben. Mindig nagyszerű tapasztalni, hogy amint sikerül gyakorlati példákkal illusztrálnom az – akár a matematika, akár a kémia tárgykörébe tartozó – tanagyagot, szemmel láthatóan nagyobb érdeklődéssel viseltetnek a tanulás iránt, és jobb eredményekről számolnak be az iskolai számonkérés után.

Nem ismeretlen ez a jelenség, sőt igencsak kívánatos, hogy amit az iskolában megtanítunk, a gyakorlati életben is kamatoztatható legyen. Ez a manapság egyre hangsúlyosabbá váló, ún. kompetencia alapú oktatás. A kémia tárgy oktatása során sokféle kompetencia fejlesztésére kerül sor. A kísérletezés során erősíthető a kézügyesség, megfigyelőképesség, együttműködési, gondolkodási, rendszerező és kommunikációs képesség. (84)

Az egyes vegyületek, vegyületcsoportok tanítása során elővehető egy-egy detektívtörténetből vett idézet a felhasználásra vonatkozólag, így életszerűbbé válik a kémia, és a diákjainkat is jobban megjegyeznek valamit, ha el tudják helyezni nemcsak a kémiai gondolkodás polcán, hanem a való életben is. A bűnügyi esetek felvezetésével fel tudjuk hívni a figyelmet az egyes vegyi anyagok ártalmaira és körültekintő alkalmazására, vagy éppen leránthatjuk a leplet az irreálisan körülrettegett élelmiszeradalékokról (E-számokról), hogy ezek gyakran nagyon is közönséges anyagok, és többnyire nem veszélyesebbek, mint a háztartásban megtalálható egyéb vegyszerek.

Vegyük például az alkaloidokat. Számomra is meglepő volt, hányféle módon jelent meg a detektívtörténetekben akár mint hétköznapi gyógyszer, veszélyes kábítószer vagy gyilkos méreg. Erre az igen népes vegyületcsaládról sem ártana több példát felhozni. Gyakran

igazságtalanul az a vád éri a vegyészeket, a vegyipart, hogy csupa mérgező, környezetszennyező anyagot termelnek, sőt olyan tévképzetek is igen elterjedtek, hogy ami mesterséges, az (legalább hosszú távon) biztosan káros, viszont ami természetes, az egyben egészséges is. Éppen az alkaloidok természetes eredete, az egyes növények súlyosan mérgező volta a tökéletes példa arra, hogy ez utóbbi megállapítás hatalmas tévedés. Számos a természetben vagy épp kertekben, parkokban előforduló növény fogyasztása még kis mennyiségben is súlyos egészségkárosodással vagy éppen halállal járhat.

A bűnügyi filmek, helyszínelő sorozatok izgalmas nyomozásait nyomon követve a tanulók kedvet kaphatnak a kísérletezéshez. Belátható, hogy sokkal nagyobb lelkesedéssel vágnak bele, ha nem csupán a kísérlet szépségére, esetleg egy-egy kémiai törvényszerűség demonstrálására hívjuk fel a figyelmüket, hanem látják a célját. Például egy bűntettet kell kinyomoznom, be kell bizonyítanom a bűnösséget, vagy ki kell zárnom valakit a gyanúsítottak közül. Mindeközben fejlődik a logikai gondolkodás, az információ feldolgozásának képessége is.

A következő táblázat a kémiatanároknak szolgál gyakorlati útmutatóként arra vonatkozólag, hogyan használhatják fel a dolgozat elemeit a tanítás során. Az egyes módszerek hátterére vonatkozó ismeretek nem korlátozódnak csupán a kémiaórák tananyagára, hanem gyakran átívelnek a természettudományok, mint műveltségi terület más ágaira, főleg a biológia és fizika tárgykörébe, ezért ezt a dolgozatot javaslom biológia és fizika szakos kollégáim figyelmébe is. A táblázatos összefoglaló nekik is segítséget nyújt az egyes részletek tanórai, szakköri vagy fakultációs alkalmazására.

NÉV	OLDALSZÁM	KÉMIA TANÓRA	KÉMIA FAKULTÁCIÓ / SZAKKÖR	BIOLÓGIA	FIZIKA
acetil-szalicilsav	**24**	**aromás vegyületek és származékaik**		**gyógyszerek**	
acetonok (= ketonok)	**25**	**oxigéntartalmú szerves vegyületek**			
aktivációs elemzés	**9**				**magfizika**
alkaloidok	**30**	**nitrogéntartalmú szerves vegyületek**		**drogok (legális és illegális)**	
alkoholszonda	**11**	**etanol; krómvegyületek**		**alkoholfogyasztás**	
alumíniumpor	**11**	**III. főcsoport elemei**			
amil-nitrit	**28**	**nitrogéntartalmú szerves vegyületek**		**gyógyszerek**	
ammónia	**29**	**nitrogén vegyületei**			
ammónium-szulfid	**41**	**nitrogén vegyületei**			

NÉV	OLDALSZÁM	KÉMIA TANÓRA	KÉMIA FAKULTÁCIÓ / SZAKKÖR	BIOLÓGIA	FIZIKA
anilin	**24**	**nitrogéntartalmú szerves vegyületek**			
anilinkék	**24**		**nitrogéntartalmú szerves vegyületek;**		
antimon	**37**	**V. főcsoport elemei és vegyületeik**			
antracén	**24**	**aromás vegyületek és származékaik**			
apomorfin	**44**	**nitrogéntartalmú szerves vegyületek**		**gyógyszerek**	
Aqua Toffana	**7, 32**	**Lásd arzén**			
arany	**5**	**átmeneti fémek és vegyületeik**			
Archimédesz	**5**	**átmeneti fémek és vegyületeik**			**mechanika**

NÉV	OLDALSZÁM	KÉMIA TANÓRA	KÉMIA FAKULTÁCIÓ / SZAKKÖR	BIOLÓGIA	FIZIKA
arzén	**7, 9, 34**	**V. főcsoport elemei és vegyületeik**			
arzénsav	**8, Lásd arzén**				
arzén-trioxid	**8, Lásd arzén**				
aszpirin	**46**	**aromás vegyületek és származékaik**		**gyógyszerek**	
atropin	**54, 57**	**nitrogéntartalmú szerves vegyületek**		**csattanó maszlag; gyógyszerek**	
barbitál	**Lásd veronál**	**nitrogéntartalmú szerves vegyületek**		**gyógyszerek**	
barbitursav	**49**	**nitrogéntartalmú szerves vegyületek**		**gyógyszerek**	
bárium-biszulfát	**23**		**kén oxosavak és sóik**		
benzoesav	**24**	**aromás vegyületek és származékaik**			

NÉV	OLDALSZÁM	KÉMIA TANÓRA	KÉMIA FAKULTÁCIÓ / SZAKKÖR	BIOLÓGIA	FIZIKA
benzol-szulfonsav	**24**	**aromás vegyületek és származékaik**			
bikromát	**11**		**krómvegyületek**		
bróm	**45**	**halogének és vegyületeik**		**gyógyszerek**	
cementes	**6**	**nemesfémek**			
cellulóznitrát	**15**	**nitrogéntartalmú szerves vagyületek**			
cián	**39**	**szén és vegyületei**		**vér**	
ciánkáli	**Lásd cián**				
difenilamin	**15**	**nitrogéntartalmú szerves vegyületek; aromás vegyületek és származékaik**			

NÉV	OLDALSZÁM	KÉMIA TANÓRA	KÉMIA FAKULTÁCIÓ / SZAKKÖR	BIOLÓGIA	FIZIKA
digitálisz	**53**		**szteroidok; glikozidok**	**gyűszűvirág; gyógyszerek**	
etil-klorid	**58**	**halogénezett szénhidrogének**		**gyógyszerek**	
ezerédes	**62, Lásd szacharin**			**táplálkozás**	
ezüst	**5**	**átmeneti fémek és vegyületeik**			
ezüst-nitrát	**8, 12, 41**	**átmeneti fémek és vegyületeik**			
fluoreszcencia	**12**				**fényjelenségek**
foszfor	**28, 38**	**V. főcsoport elemei és vegyületeik**			
fukszin	**24**		**aromás vegyületek és származékaik**		
grafitpor	**11**	**szén és vegyületei**			

NÉV	OLDALSZÁM	KÉMIA TANÓRA	KÉMIA FAKULTÁCIÓ / SZAKKÖR	BIOLÓGIA	FIZIKA
hidrogén-cianid	**Lásd cián**				
kalcium-acetilszalicilát	**Lásd Kalmopyrin**				
kálium-cianid	**Lásd cián, Lásd cián**				
Kalmopyrin	**46**	**aromás vegyületek és származékaik**		**gyógyszerek**	
Kastle-Meyer próba	**12**	**redoxi reakciók**		**vér**	
kemilumineszcencia	**12**		**reakciótípusok**		**fényjelenségek**
kinin	**24**	**nitrogéntartalmú szerves vegyületek; aromás vegyületek és származékaik**		**gyógyszerek (malária)**	
Kjeldahl-módszer	**13**		**nitrogéntartalmú szerves vegyületek; analitika**		

NÉV	OLDALSZÁM	KÉMIA TANÓRA	KÉMIA FAKULTÁCIÓ / SZAKKÖR	BIOLÓGIA	FIZIKA
Klorál	**42**		**aldehidek; halogénezett szénhidrogének**	**gyógyszerek**	
Klorálhidrát	**42**		**aldehidek; halogénezett szénhidrogének**	**gyógyszerek**	
klórhidrát	**31, Lásd morfium-hidroklorid**	**halogének és vegyületeik**		**gyógyszerek**	
kloroform	**58**	**halogénezett szénhidrogének**			
klórsav	**62**	**halogének és vegyületeik**			
kokszgyártás	**24**	**szén és vegyületei**			
Kolozsvári Cementes János	**6**	**nemesfémek**			

NÉV	OLDALSZÁM	KÉMIA TANÓRA	KÉMIA FAKULTÁCIÓ / SZAKKÖR	BIOLÓGIA	FIZIKA
kőszénkátrány	**24**	**aromás vegyületek és származékaik**			
kreozot	**28**	**aromás vegyületek és származékaik**			
krétapor	**11**	**alkáliföldfémek és vegyületeik**			
lakmusz	**30**	**sav-bázis reakciók és indikátorok**		**zuzmók**	
lőpor					
feketelőpor	**15**	**nitrogén vegyületei; szén és vegyületei; kén és vegyületei**			
füstnélküli lőpor	**15**		**glükóz és származékai**		
LSD	**56**	**nitrogéntartalmú szerves vegyületek**		**drogok**	

NÉV	OLDALSZÁM	KÉMIA TANÓRA	KÉMIA FAKULTÁCIÓ / SZAKKÖR	BIOLÓGIA	FIZIKA
luminol	**12**		**nitrogéntartalmú szerves vegyületek**	**vér**	**fényjelenségek**
magnézium	**61**	**alkáliföldfémek és vegyületeik**			
Marsch-próba	**8**		**arzén és vegyületei**		
morfium-hidroklorid	**43**	**nitrogéntartalmú szerves vegyületek**	**nitrogéntartalmú szerves vegyületek**	**gyógyszerek**	
naftalin	**24**	**aromás szénhidrogének és származékaik**			
nátrium-benzoát	**24**	**aromás szénhidrogének és származékaik**			
nátrium-hidrogénkarbonát	**Lásd szódabikarbóna**	**szén és vegyületei**		**gyógyszerek**	
nikotin	**53**	**nitrogéntartalmú szerves vegyületek**		**dohány; dohányzás**	

NÉV	OLDALSZÁM	KÉMIA TANÓRA	KÉMIA FAKULTÁCIÓ / SZAKKÖR	BIOLÓGIA	FIZIKA
ninhidrin	**12**		**nitrogéntartalmú szerves vegyületek**		
nitrobenzol	**24**	**nitrogéntartalmú szerves vegyületek; aromás vegyületek**			
ópium	**55**	**nitrogéntartalmú szerves vegyületek**		**mák; drogok; gyógyszerek**	
Perkin-ibolya	**24**	**nitrogéntartalmú szerves vegyületek**			
pikrinsav	**60**	**nitrogéntartalmú szerves vegyületek; aromás vegyületek**			
pilokarpin	**55**		**nitrogéntartalmú szerves vegyületek; aromás vegyületek és származékaik**	**gyógyszerek**	

NÉV	OLDALSZÁM	KÉMIA TANÓRA	KÉMIA FAKULTÁCIÓ / SZAKKÖR	BIOLÓGIA	FIZIKA
repülősó	**61**	**nitrogén vegyületei**		**gyógyszerek**	
ricin	**52**	**fehérjék**		**ricinus**	
sósav	**42**	**halogének és vegyületeik**			
szacharin	**62**	**nitrogéntartalmú szerves vegyületek; aromás szénhidrogének és származékaik**			
szalicilsav	**24**	**aromás vegyületek és származékaik**		**fűzfa; növényi hormon**	
széngáz	**29**	**szén és vegyületei**		**légzés**	
szén-monoxid	**Lásd széngáz**				
szódabikarbóna	**45**	**szén és vegyületei**		**gyógyszerek**	
sztrichnin	**47**	**nitrogéntartalmú szerves vegyületek**		**Ignác-bab, ebvész**	

NÉV	OLDALSZÁM	KÉMIA TANÓRA	KÉMIA FAKULTÁCIÓ / SZAKKÖR	BIOLÓGIA	FIZIKA
sztrofantin	**48**	**nitrogéntartalmú szerves vegyületek**		**meténgfélék; gyógyszerek**	
szulfanilsav	**15**	**heteroatomos szerves vegyületek**			
szulfonál	**45**	**heteroatomos szerves vegyületek**		**gyógyszerek**	
tallium	**38**	**III. főcsoport elemei**			
taxin	**53**	**nitrogéntartalmú szerves vegyületek**	**nitrogéntartalmú szerves vegyületek**	**tiszafa**	
titán-dioxid	**11**	**átmeneti fémek és vegyületeik**			
trionál	**45**	**heteroatomos szerves vegyületek**		**gyógyszerek**	
tűzipróba	**6**	**nemesfémek**			

NÉV	OLDALSZÁM	KÉMIA TANÓRA	KÉMIA FAKULTÁCIÓ / SZAKKÖR	BIOLÓGIA	FIZIKA
vas-klorid	**41**	**átmeneti fémek és vegyületeik**			
veronál	**50**	**nitrogéntartalmú szerves vegyületek; aromás vegyületek**		**gyógyszerek**	
α-naftilamin	**15**	**nitrogéntartalmú szerves vegyületek; aromás vegyületek**			

IV. 2. Kísérletek

A következő rövid kísérletgyűjtemény arra ad ötleteket, hogyan „játszhatunk nyomozósdit” diákjainkkal, miközben megismertetjük őket a kémia rejtelmeivel.

IV. 2. 1. Alkoholszonda készítése (85)

Anyagok: kálium-dikromát ($K_2Cr_2O_7$), tömény kénsav (cc. H_2SO_4), etil-alkohol (C_2H_5OH).

Eszközök: 100 cm^3-es főzőpohár, kémcső, derékszögben meghajlított üvegcső, vatta,



Alkohollal átitatott vattán át belefújunk az üvegcsövön keresztül a bikromátoldatba.

A munka menete:

0,12 g kristályos kálium-dikromátot rázogatás közben oldjunk fel 50 cm^3 koncentrált kénsavban. A narancsvörös oldatból 1-2 cm^3-t töltsünk egy kémcsőbe. A hosszú, meghajlított üvegcsőbe tegyünk alkohollal átitatott vattát. A cső végén óvatosan, kb. 1 percig fújjunk levegőt az oldatba.(1. ábra)



Narancsszínű bikromátoldat

Tapasztalat:

A kezdetben narancssárga bikromátoldat megzöldül.

Magyarázat:

A dikromátionban a krómatom oxidációs száma +6. Redukálószerek hatására zöld színű Cr^{3+}, illetve kék Cr^{2+}-ionok keletkeznek:



Zöld színű Cr^{3+}-oldat

$2\ Cr_2O_7^{2-} + 3\ C_2H_5OH + 16\ H^+ = 4\ Cr^{3+} + 3\ CH_3COOH + 11\ H_2O.$

Az alkoholból acetaldehid, illetve ecetsav keletkezik.

Megjegyzés:

A bikromátionok redukcióját végezhetjük úgy is, hogy az oldathoz

cinket és tömény sósavat adunk, vagy kénsavas közegben vas(II)-szulfátot öntünk hozzá. A narancssárga szín mindkét esetben zöldre, majd kékre változik.

IV. 2. 2. Ujjlenyomatok előhívása jódgőzzel (86)

Eszközök: szűrőpapír, gemkapocs, fonál, óraüveg, főzőpohár

Anyagok: jód.

A kísérlet menete:

1. Készítsünk ujjlenyomatot egy darabka szűrőpapírra és egy óraüveg domború felére, ujjunkat erősen lenyomva. Szűrőpapír esetén kevéske zsiradékkal megkenhetjük az ujjbegyünket, de töröljük is le róla, mielőtt a szűrőpapírra nyomnánk.



Szűrőpapíron kirajzolódó ujjlenyomat

2. Vegyünk egy gemkapcsot, rögzítsünk rá egy darabka fonalat, majd tűzzük a szűrőpapírra. Helyezzünk néhány kristály jódot főzőpohárba, és tegyük rá az ujjlenyomatunkkal ellátott óraüveget..

3. Lógassuk a gemkapocsnál fogva a szűrőpapírt az üvegbe, és tegyük rá a kupakot szorosan rögzítve a fonalat az üveg külsejére, majd hagyjuk állni a szűrőpapírt.



Ujjlenyomat üvegen

Tapasztalat:

Tíz perc elteltével a jód kirajzolja a szűrőpapíron és az üvegen hagyott lenyomatot, és a kép elég éles lesz, hogy lehessen fényképezni.

Magyarázat:

A jód apoláris lévén megtapad az ujjunkról a tárgyakra került apoláris vegyületeken: lipideken.

Másképpen: az ujjlenyomatokat úgy is könnyen megjeleníthetjük, hogy a lenyomatos felületet vasreszelékkel ecseteljük, vagy levesszük a felületről egy ragasztószalaggal.

IV. 2. 3. Ujjlenyomatok keresése ezüst-nitráttal

Eszközök: szűrőpapír, óraüveg

Anyagok: ezüst-nitrát oldat.

A kísérlet menete:

1. Készítsünk ujjlenyomatot a szűrőpapírra és az óraüveg felületére oly módon, hogy ujjunkat előzőleg a homlokunkhoz dörzsöltük.
2. A látens lenyomattal ellátott felületet kezeljük az előhívószerrel, vagyis spricceljük kissé meg 15-20 cm távolságból az ezüst-nitrát oldattal. (Vigyázzunk, hogy a bőrünkre, ruhánkra ne jusson belőle, mert hosszú időre nyomot hagy!) Hagyjuk megszáradni a felületet.
3. Tegyük napfényre 10-15 percre, majd figyeljük meg a változást.

Tapasztalat:

Az ujjlenyomat sötétszürke-fekete színnel kirajzolódik a felületen.

Magyarázat:

A verejtékmirigyeink által termelt anyag lipideket, szerves vegyületeket és szervetlen sókat is tartalmaz. Az ujjlenyomat kevéske nátrium-kloridot is tartalmaz. A kloridionok igen érzékeny kimutatási módja az ezüst-nitráttal való próba, mert kis koncentrációban is reagálnak az ezüstionokkal és ezüst-klorid csapadék keletkezik.

$$Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl$$

A csapadék fehér színű, de az ezüstionok napfény hatására fekete fémezüstté redukálódnak.

$$AgCl \rightarrow Ag + Cl_2$$

Megjegyzés:

Ha még nem beszéltünk róla, megemlíthetjük, hogy a fényképezés analóg módon, fekete-fehér képként egy hasonló reakción alapul, csak ott ezüst-klorid helyett ezüst-bromiddal bevont fényérzékeny felületet használnak.

IV. 2. 4 /a. A lumineszcencia vizsgálata (13)

Eszközök: főzőpoharak, üvegbotok, szűrőpapír.

Anyagok: Szilárd nátrium-karbonát, luminol, nátrium-hidrogénkarbonát, réz-szulfát, hidrogén-peroxid-oldat, vér, torma.

A kísérlet menete:

1. Készítsük el az A jelű oldatot a következő módon: 250 cm^3 desztillált vízben oldjunk fel 1 g nátrium-karbonátot, majd rázogatás közben 50 mg luminolt. Ha ez is feloldódott, adjunk hozzá 6 g nátrium-hidrogénkarbonátot, végül 150 mg réz-szulfátot.
2. Készítsük el a B jelű oldatot: 250 cm^3 0,15%-os vizes hidrogén-peroxid-oldatot. (Hígítsunk fel 1,25 cm3 30%-os hidrogén-peroxid oldatot desztillált vízzel 250 cm^3-re.)
3. Erősen elsötétített szobában figyeljük meg, mi történik, ha a kétféle oldatot összeöntjük.

Tapasztalat:

A két oldat összeöntésével keletkezett oldat mintegy két percen át halvány kékes fénnyel világít az elsötétített szobában.

IV. 2. 4 /b. Luminoltól világító vérnyomok (87)

Eszközök: főzőpoharak, szűrőpapír,

Anyagok: szilárd luminol, kálium-hidroxid, hidrogén-peroxid oldat, vér, kálium-ferricianid.

A kísérlet menete:

1. Készítsünk oldatot 2 g luminol, 15 g kálium-hidroxid és 250 cm3 desztillált víz felhasznlálsával.
2. Készítsünk 250 cm3 3%-os hidrogén-peroxid oldatot.
3. Egy-egy tiszta főzőpohárban keverjünk össze 10-10 cm3-t a luminolos és a hidrogén-peroxidos oldatokból.
4. Adjunk hozzá 0,1 g kálium-ferricianidot, és elsötétített teremben figyeljük meg a jelenséget.
5. Ismételjük meg a 3. és 4. lépést, de ferricianid helyett egy-két csepp vért használjunk.

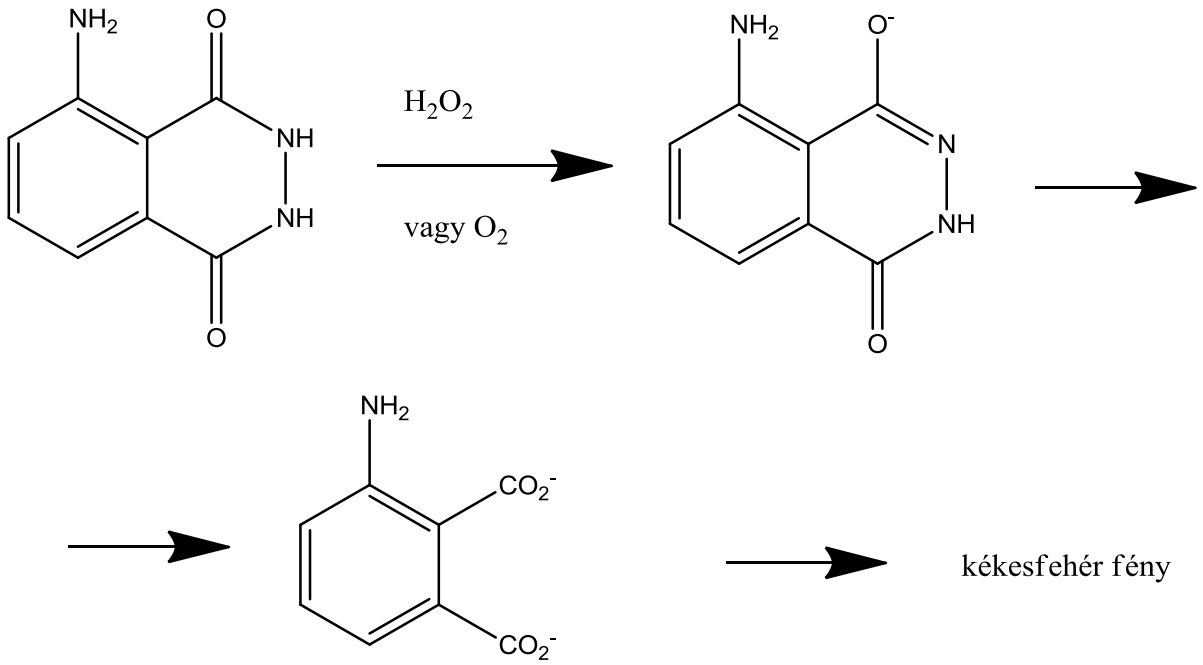
Tapasztalat:

Halvány kékes fényjelenség mindkét reagens (vér és ferricianid) jelenlétében.

Magyarázat:

A luminol oxidációja nehézfémsók (réz-szulfát), de egyes vas-vegyületek (kálium-ferricianid) és vas-porfilin-származékok (a vérben található hem és peroxidáz) jelenlétében meggyorsul.

A reakció mechanizmusa körülbelül így néz ki: (13)



A luminol kemolumineszcenciája

Megjegyzés:

Egyes növényi peroxidázok is adják a reakciót. Próbáljuk ki vér helyett tormával is!

IV. 2. 5. Vérnyomok kimutatása a Kastle-Meyer próbával

Eszközök: néhány cm^3-nyi állati vérrel készült híg oldat, sima felületre száradt vércseppek, reszelt torma leve, fültisztító pálcika.

Anyagok: fenolftalein, kálium-hidroxid, cinkreszelék (vagy -por), etanol, hidrogén-peroxid, réz- vagy nikkelsóoldat.

Előkészület: (88)

A fenolftaleines reagens készítéséhez mérjünk ki 2 g fenolftaleint, 20 g kálium-hidroxidot, 100 cm3 desztillált vizet és 20 g cinkreszeléket. Keverjük össze, gomblombikban visszafolyós hűtővel és horzsakővel forraljuk 2-3 órán át, vagy amíg el nem veszíti élénk rózsaszín színét. Lehűlés után cinkreszeléket tartalmazó üvegben tároljuk, hogy a fenolftalein a redukált formájában maradjon.

A kísérlet menete:

1. A feltételezett vérmintákból, a sóoldatból és a tormából egy-egy vattacsomóval mintát veszünk, és meghagyunk egy pálcikát tisztán.
2. Egy csepp fenolftalein reagenst adunk mind a négy mintához és a tiszta pálcikára, majd néhány másodperccel később egy csepp hidrogén-peroxidot cseppentünk a vattára. (Figyeljünk a sorrendre!)

Tapasztalat: (11)



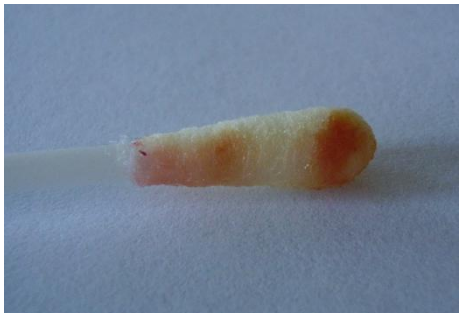
Minta Kastle-Meyer próba előtt

A nikkelsóoldatba mártott vatta már a hidrogén-peroxid hozzáadása előtt rózsaszínűre színeződött.

Ha a vatta a hidrogén-peroxid hozzáadása után gyorsan rózsaszínre változik, akkor azt mondjuk, a teszt valószínűleg pozitív a vérre. Láthatjuk, hogy a vérminták és a torma is pozitív eredményt adnak.

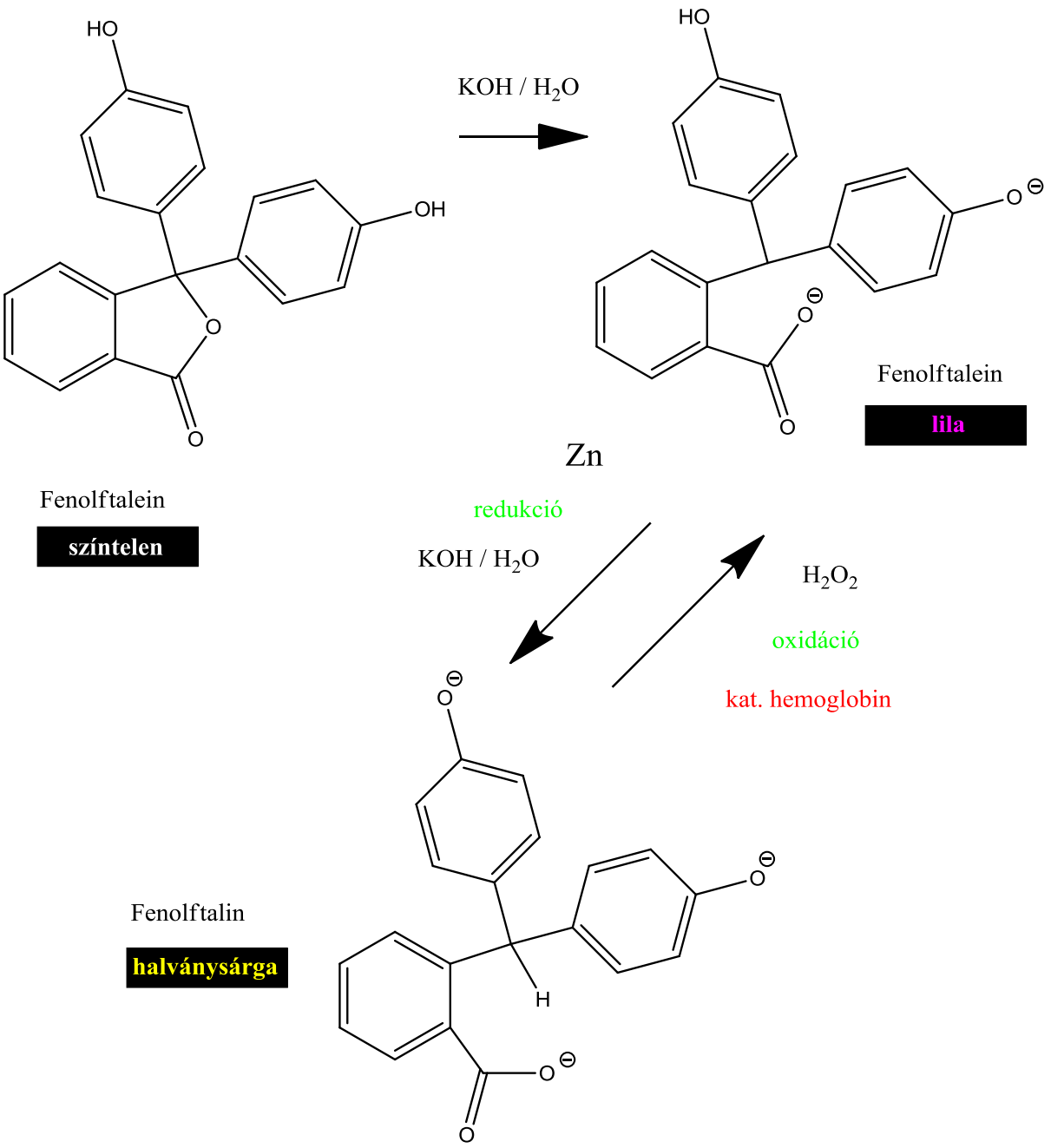
Ha több mint 30 másodpercet kell várunk, akkor a vatta a levegő oxigénjének hatására, természetes módon vált rózsaszínűvé.

Magyarázat:



Minta Kastle-Meyer próba után

A próba előkészületében a fenolftaleint lúgos közegben fémcinkkel redukáltatjuk, így egy halványsárga anyagot, a fenolftalint kapjuk. A fenolftalin a próba során a hidrogénperoxiddal reagálva a vér hemoglobinjának katalizáló hatása alatt visszaoxidálódik fenolftaleinné, ami lúgos közegben rózsaszínű.



Kastle-Meyer próba

A próba kimutatja a vért híg oldatból és régi, beszáradt mintából is. Ugyanakkor hamis pozitív eredményt ad növényi peroxidázok jelenlétében, ilyeneket tartalmaz például a torma, brokkoli, karfiol stb. Hasonlóan a réz- és nikkelsók, a Kastle-Meyer reagens rózsaszínné válását okozzák, még mielőtt a hidrogén-peroxidot hozzáadtuk volna, így alapvetően fontos, hogy először a reagenst adjuk hozzá, majd néhány másodperc elteltével a hidrogén-peroxidot.

IV. 2.6. Lőpornyomok nitrit és nitrát tartalmának kimutatása (16)



Nitritionokat tartalmazó oldat

Eszközök: nagy főzőpoharak, mérőhengerek, Bunsen égő.

Anyagok: kristályos $NaNO_2$, KNO_3, KI, ecetsav, cinkpor, réz(II)-szulfát, keményítő.

A kísérlet menete:

1. Néhány kristályka $NaNO_2$-et (nagyon kevés: 0,01g elég) feloldunk 200 cm^3 desztillált vízben, és adjunk hozzá 10 cm^3 2M-os ecetsavat. Osszuk négy részre: az egyikbe tegyünk kevés KI-ot.
2. A többit hígítsuk fel desztillált vízzel 2-, 3-és 4-szeresére, majd ezekbe tegyünk KI-ot.
3. Figyeljük meg a változást, és végül adjunk hozzá keményítőt is.
4. Végezzük el az 1. lépést KNO_3-al. Figyeljük meg, történik-e változás.
5. A maradék oldatokhoz adjunk kevéske fémcinket és néhány csepp réz(II)-szulfát oldatot.
6. Végezzük el a 2-3. lépéseket.



Oldat kálium-jodid hozzáadása után

Tapasztalat:

Az oldatokban sárgásbarna elszíneződést tapasztalunk. Keményítő hozzáadására kék színt látunk.

Magyarázat:

Kálium-jodid hatására a gyengén savas kémhatású, nitritionokat tartalmazó oldatból elemi jód válik ki. A jód és a keményítő együtt jellegzetes kék színt ad.

$2\ NO_2^- + 2\ I^- + 4\ H^+ \rightarrow I_2 + 2\ NO + 2\ H_2O$

A keményítő segítségével fokozhatjuk a reakció érzékenységét, hiszen a keményítő és a jód egymással jellegzetes kék színreakciót ad.

A nitritionokat nem, csak nitrátionokat tartalmazó oldatban a nitrátot először nitritté kell redukálni. Ez a savas közegben cinkkel való reakció révén következik be. A réz(II)-szulfát oldat azért kell, hogy a fémcinkket oldatba vigyük.

$NO_3^+ + Zn + 2\ H^+ \rightarrow NO_2^- + Zn^{2+} + H_2O$

IV. 2. 7. Elemi foszfor kimutatása Mitscherlich próbával



Problémafelvetés:

Olvassuk fel Agatha Christie *A kutya se látta* című regényének azt a részletét, amelyben Poirot a nagyközönség elé tárja elméletét, miszerint Arundell kisasszonyt foszforral mérgezték meg. A nagy detektív bennünket kért meg, hogy mint vegyészszakértők mutassuk be a bíróságnak a foszfor e különleges tulajdonságát.

Eszközök: csiszolatos gömblombik 100 cm^3-es, golyós hűtő, gázégő vagy elektromos melegítőkráter, forrkő, sárga foszfor.

Megjegyzés: a kísérletet jól elsötétíthető teremben végezzük.

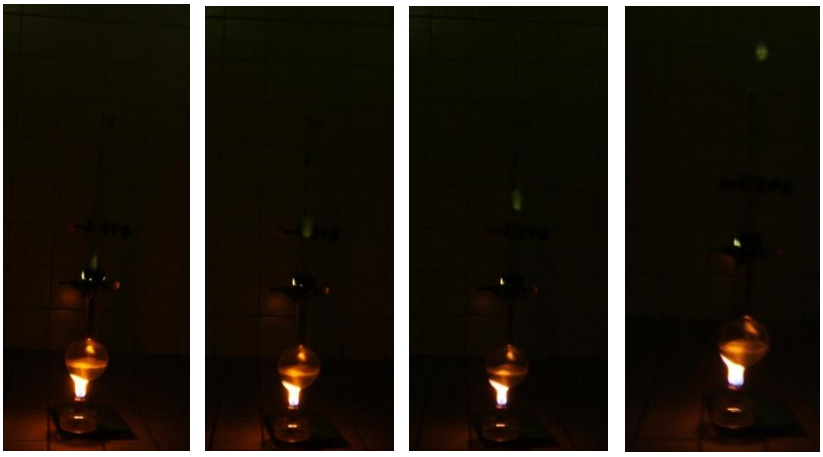
A kísérlet menete:

1. A csiszolatos gömblombikba tegyünk 50 cm^3 vizet, 3-4 darabka forrkövet és gyufafej nagyságú sárgafoszfort.
2. Állítsunk a lombikba a golyóshűtőt, de ne kapcsoljuk rá a vízhálózatra. (Az eszközöket rögzítsük szilárdan egy állványhoz.)
3. Sötétítsük el a helyiséget, majd figyeljük a gázégővel forrásba hozott víz felett a hűtő légterét.

Tapasztalat:

Foszforgőzök jelenlétében a hűtőben sárgászöld színű felvillanásokat látunk, mert a finom eloszlású foszfor részecskék a levegő oxigénjével reakcióba lépnek.

Ezzel a módszerrel igen kis mennyiségű elemi állapotban lévő foszfor kimutatható. Foszfortartalmú vegyületek esetében azonban nem használható.



Egyre magasabbra kúszó, halványzöld lidércfény.

IV. 2. 8. Tollminták vizsgálata papírkromatográfiával (85)

Problémafelvetés:

Felmerült a gyanú, hogy egy váltót meghamisítottak oly módon, hogy az utolsó számjegy mögé írtak még egy nullát. (1)

Kérdések:

Eldönthető-e egyértelműen, és ha igen, hogyan, hogy…

valóban más tollal írták-e az utolsó számjegyet, mint a váltó többi tartalmát?

Egyértelműen kiderül. Ha az utolsó számjegy tintája más összetételű, mint a többi írásé, akkor a csalás bizonyított.

… ugyanazzal a tollal írták-e az utolsó számjegyet, mint a váltó többi tartalmát?



Papírkromatográfia

Nem derül ki egyértelműen, ugyanis elképzelhető, hogy ugyanolyan összetételű tinta (ugyanaz a gyártó…) több tollban is megtalálható.

… a gyanúsított követte-e el a feltételezett csalást?

Nem derül ki egyértelműen, de feltételezhető, ha a többitől eltérő tintával írt számjegyet ugyanazzal a tintával írtak, mint a gyanúsított valamelyik iratát vagy ami egyik tollának tintája.



Eszközök: főzőpoharak, óraüvegek, szűrőpapír, mérőhengerek, különböző (lehetőleg hasonló színű) tollak.

Anyagok: etanol, ecetsav, benzin, aceton.

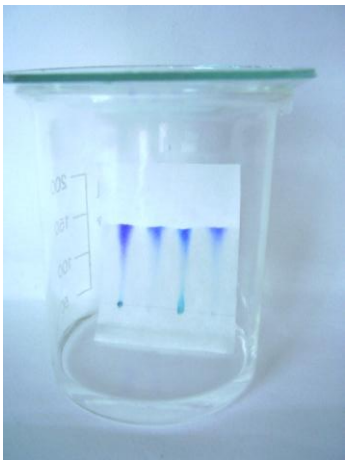
Előkészület:

A csalással gyanúsított tollait és a sértett tollát, amellyel a váltót írták, begyűjtöttük. Továbbá a gyanúsítottól szereztünk olyan iratokat, amelyeket saját kezűleg tollal írt.

A kromatográfiás vizsgálathoz előkészítjük a szűrőpapírokat. Vágjunk le megfelelő méretű: kb. 8 cm széles, és olyan hosszú lapokat, hogy egymás mellé kb. 1,5 cm távolságra elférjen az összes tollminta, az 1-1 minta a váltóból, illetve a gyanúsított irataiból kivágott minták. Ceruzával(!) húzzunk párhuzamost a lap aljától kb. 2 cm távolságra, és rajzoljuk meg a minták helyét.

A gyanús váltóból mintát veszünk az eredeti és a hamisnak gondolt írásból. (Vigyázzunk, hogy nagyon kicsi darabot vágjunk ki!)

Készítsük el a futtatóelegyet, tegyük belőle kb. 0,5-1 cm magasságban egy akkora üvegedénybe, amelyben el fog férni a megfelelő helyzetbe állítva a vékonyréteg-lap, és takarjuk le a z edényt nehogy elpárologjon az oldat. Ha szükséges, mindezt végezzük jól húzó fülke alatt.



Készítsük elő az oldószert, amelyben a mintákat feloldjuk. Javaslat: etanol, ecetsav, víz 8:2:10 arányban vagy benzin, etanol, ecetsav, aceton 1:1:1:1 arányban. Mielőtt a mintákat felhasználnánk, készítsünk próbákat a begyűjtött tollakkal, hogy kiderüljön, pontosan milyen

eleggyel történjen a futtatás. Fontos, hogy a tinta összetevői jól elváljanak a futtatás során. Ez a futtatóelegy összetételének változtatásával javítható.

A kísérlet menete:

A tollakkal írjunk egy lapra, majd az írásból vágjunk ki akkora darabot, amekkora a bizonyítékból szerzett minta. Itt is vigyázzunk, jól különítsünk el a különböző mintákat, nehogy összekeveredjenek. Cseppentsünk mindegyik mintára egy-egy csepp oldószert, majd az oldatot kapillárisüveggel szívjuk fel, és cseppentsük fel a vékonyréteg-lap erre kijelölt pontjára. A cseppek száradása után ismét cseppentsünk a megfelelő helyekre, majd ezt ismételjük meg.

Állítsuk a papírlapot a megfelelő helyzetben a futtatóelegyet tartalmazó üvegedénybe, és figyeljük, hogyan emelkedik az oldószerfront. Ilyenkor már megfigyelhető, hogy a tinták egyes alkotói hogyan válnak el egymástól. Amikor az oldószerfront kb. 1 cm távolságra van a lap tetejétől, vegyük ki a lapot, ceruzával jelöljük, meddig tartott az oldószerfront, és szárítsuk meg a vékonyréteg-lapot.



A kétféle futtatóeleggyel végzett papírkromatográfia eredménye

Az így elkészült futtatás után a vékonyréteg-lap alapján értékeljük a kapott eredményeket. A kapott eredmény nem értékelhető, ha nem váltak el megfelelően a foltok, illetve ha el sem hagyták a kiindulási helyet. Ezek nagy hibák, ilyenkor a vizsgálatot más futtatóeleggyel meg kell ismételni. Ezt elkerülendő javasoljuk, hogy a vizsgálat megkezdése előtt készítsünk próba-futtatásokat a tollak festékanyagával, hogy minél kevesebbet kelljen feláldozni a bizonyítékként szereplő váltóból.

Két minta azonos, ha minden folt (a tinta egyes összetevői) ugyanazon a helyen és ugyanakkora kiterjedésben található meg a cseppentés helye fölött. Ellenkező esetben a két minta különbözik.

IV. 2. 9. Textilvizsgálat (85)

Problémafelvetés:

A gyanúsított lakásán fehér színű anyagfoszlányokat találtak, amelyek a feltételezések szerint az áldozaton lévő, dulakodás közben elszakadt pamutpólóból vagy a szintén megtépázott selyemsálból került a helyszínre. A gyanúsított váltig tagadja, hogy az áldozat az utóbbi napokban felkereste volna a lakáson, és hogy egyáltalán találkoztak, a textilszálak eredetét egy régi, foszladozó gyapjúpulóverrel magyarázza. Tisztázhatjuk-e a gyanú alól a vádlottat?

Eszközök: 12 db kémcső; kémcsőállvány; kémcsőfogó csipesz; lakmuszpapír; Bunsen-égő; csipesz.

Anyagok: gyapjú-, gyapot-, selyem- és műselyemszálak; 20 tömeg%-os nátrium- hidroxid (NaOH); tömény kénsav (cc. H_2SO_4).

A munka menete:

A kísérlet gyapjú, gyapot, selyem és műselyem egymástól való megkülönböztetésére szolgál. A munka menetét és a tapasztalatot egy táblázatban összefoglalva olvashatjuk.

vizsgált anyag / vizsgálat	Gyapjú	Gyapot	Selyem (valódi)	Műselyem
10 percig főzzük 20 tömeg%-os nátrium-hidroxidban	feloldódik, az oldat sötét színű	megduzzad, de nem oldódik	lassabban oldódik, mint a gyapjú, de az oldat nem sötét	lassan megduzzad, de nem oldódik
áztassuk 5 percig tömény kénsavban	hidegen nem oldódik, forralva feloldódik, fekete szilárd szemcsék úsznak az oldatban	teljesen feloldódik	2-3 perc alatt feloldódik	gyorsan feloldódik

égessünk el néhány szálat, nedves lakmuszpapírral vizsgáljuk a fejlődő gázt	zsugorodik, az égő haj szagához hasonló szagot érzünk, a piros lakmusz megkékül	lánggal ég, nagyon kevés hamu marad, a kék lakmusz megpirosodik, papír égéséhez hasonló szagot érzünk	fekete csomós égésmaradék, a piros lakmusz megkékül	világító lánggal elég, szinte semmi hamu nem marad, a kék lakmusz megpirosodik

Irodalomjegyzék

1. **Bujtás, Piroska és Dr. Leisztner, László.** *Az anyag vallomása bűnügyben.* Budapest : Műszaki Könyvkiadó, 1985. old.: 223.

2. **Dr. Szathmáry, László.** *Adalékok a magyar kémia és vegyipar történetéhez.* Budapest : Neumann Kht., 2004.

3. **Dr. Stájer, Géza.** Méregkeverők. *Patika Magazin Online.* [Online] [Hivatkozva: 2010. április 20.] http://patikamagazin.hu/index.php?cikk=5886.

4. **Barcza, Lajos és Buvári, Ágnes.** *A minőségi kémiai analízis alapjai.* Budapest : Medicina Kiadó, 1997. old.: 493.

5. Újabb vita Napóleon haláláról. *Journal of the History of Medicine.* [Online] [Hivatkozva: 2010. április 14.] http://www.sulinet.hu/eletestudomany/archiv/1998/9839/tudvil/ujabb/ujabb.html.

6. Nuclear 'Eye' Reveals That Napoleon Was Not Poisoned, Although Arsenic Levels High At That Time. *Science Daily.* [Online] 2008. február 14. [Hivatkozva: 2010. április 14.] http://www.sciencedaily.com/releases/2008/02/080211131357.htm.

7. *Bűnügyi Szakértői és Kutatóintézet.* [Online] [Hivatkozva: 2010. április 22.] http://www.bszki.hu/page.php?33.

8. 2/2008 (I.12.) IRM rendelet.

9. **"johannes".** Hibázhatnak az alkoholszondák: Igy mégsem nulla a nulla - az ORFK közleménye. *EuroAstra Internet Magazin.* [Online] 2008.. január 24. [Hivatkozva: 2010. március 23.] http://www.euroastra.info/node/9323.

10. **Roland, Paul.** *Helyszínelők: A bizonyítékok nyomában.* [ford.] Máté Havasi. Kisújszállás : Pannon-Literatúra, 2009. old.: 207.

11. Forensic Science. *Wavesignal.* [Online] [Hivatkozva: 2009. szeptember 29.] http://www.wavesignal.com/forensics/Print.html.

12. Chemical methods for Developing Latent Fingerprints. *Journal of Chemical Education.* 4 April , 1999., Vol. 76 No.. kötet.

13. **(szerk.), Orosz György.** *Szerves kémiai praktikum.* Budapest : Nemzeti Tankönyvkiadó, 1998.

14. **Erzincliogl u, Dr. Zakaria.** *Helyszínelők: A törvényszéki vizsgálatok képes útmutatója.* Pécs : Alexandra, 2006. old.: 192.

15. Lőpor. *Wikipédia.* [Online] 2010. április 4. [Hivatkozva: 2010. április 29.] http://hu.wikipedia.org/wiki/Lőpor.

16. **Dr. Pataki, László és Dr. Zapp, Erika.** *Analitikai kémiai praktikum.* Budapest : Tankönyvkiadó, 1974. old.: 433.

17. MacGyver. *Wikipedia.* [Online] 2010.. május 3. [Hivatkozva: 2010.. május 3.] http://en.wikipedia.org/wiki/MacGyver.

18. World of Forensic Science > Luminol. *eNotes.com.* [Online] [Hivatkozva: 2010. április 29.] http://www.enotes.com/forensic-science/luminol.

19. Arthur Conan Doyle. *Wikipédia.* [Online] [Hivatkozva: 2010. április 28.] http://hu.wikipedia.org/wiki/Arthur_Conan_Doyle.

20. **Doyle, Arthur Conan.** A bíborvörös dolgozószoba. *Sir Arthur Conan Doyle összes Sherlock Holmes története.* Szeged : Szukits Könyvkiadó, 1999.

21. —. A Négyek jele. *Sir Arthur Conan Doyle összes Sherlock Holmes története.* Szeged : Szukits Könyvkiadó, 1999.

22. —. A vérbükkös tanya. *Sir Arthur Conan Doyle összes Sherlock Holmes története.* Szeged : Szukits Könyvkiadó, 1999.

23. —. Az eltűnt vőlegény. *Sir Arthur Conan Doyle összes Sherlock Holmes története.* Szeged : Szukits Könyvkiadó, 1999.

24. —. Az utolsó feladat. *Sir Arthur Conan Doyle összes Sherlock Holmes története.* Szeged : Szukits Könyvkiadó, 1999.

25. —. A lakatlan ház. *Sir Arthur Conan Doyle összes Sherlock Holmes története.* Szeged : Szukits Könyvkiadó, 1999.

26. **Balázs, Lóránt.** *A kémia története.* Budapest : Nemzeti Tankönyvkiadó, 1996.

27. *Milyen vegyész volt Sherlock Holmes?* **O'Brien, James F.** 1993. június 7., Chemistry and Industry.

28. **Doyle, Arthur Conan.** Botrány Csehországban. *Sir Arthur Conan Doyle összes Sherlock Holmes története.* Szeged : Szukits Könyvkiadó, 1999.

29. —. *A sátán kutyája.* Budapest : Teuro Kiadó, 2002. old.: 185.

30. Foszfor. *Wikipédia.* [Online] 2010. február 19. [Hivatkozva: 2010. február 25.] http://hu.wikipedia.org/wiki/Foszfor.

31. *A Pallas Nagy Lexikona.* Budapest : Pallas Irodalmi és Nyomdai Részvénytársaság, 1897.

32. **Doyle, Arthur Conan.** A bentlakó beteg. *Sir Arthur Conan Doyle összes Sherlock Holmes története.* Szeged : Szukits Könyvkiadó, 1999.

33. Amil-nitrit. *Wikipédia.* [Online] 2010. április 11. [Hivatkozva: 2010. április 28.] http://hu.wikipedia.org/wiki/Amil-nitrit.

34. **Doyle, Arthur Conan.** A görög tolmács. *Sir Arthur Conan Doyle összes Sherlock Holmes története.* Szeged : Szukits Könyvkiadó, 1999.

35. —. A haditengerészeti szerződés. *Sir Arthur Conan Doyle összes Sherlock Holmes története.* Szeged : Szukits Könyvkiadó, 1999.

36. Alkaloidok. *Wikipédia.* [Online] 2010. április 23. [Hivatkozva: 2010. április 29.] http://hu.wikipedia.org/wiki/Alkaloidok.

37. **Doyle, Arthur Conan.** A goresthorpe-i kastély kísértetei. *A pesti ezüstfokos és egyéb történetek.* Budapest : Eri Kiadó, 2005, old.: 87.

38. —. A pesti ezüstfokos. *A pesti ezüstfokos és egyéb történetek.* Budapest : Eri Kiadó, 2005, old.: 87.

39. **Bunson, Matthew.** *Christie világa : Agatha Christie enciklopédia.* Budapest : Magyar Könyvklub, 2004. old.: 492.

40. Gyilkossági mód: Mérgezés. *Magyar Agahta Christie-olvasók oldala.* [Online] [Hivatkozva: 2010. február 17.] http://www.agatha.hu/index.php?oldal=Gyilkossagi_modok&mod=M%E9rgez%E9s.

41. **Imre, Dr. Bordás.** Toxikológia – jegyzet. hely nélk. : Országos Kémiai Biztonsági Intézet, 2006.

42. **Christie, Agatha.** S.O.S. *A vád tanúja.* Budapest : Európa Könyvkiadó, 2008, cop. 1982, old.: 237.

43. —. *A kristálytükör meghasadt.* Debrecen : Aquila, 2006, cop. 1978. old.: 270.

44. —. *Paddington 16.50.* Budapest : Európa Könyvkiadó, 2000. old.: 286.

45. Arzén. *Wikipédia.* [Online] 2010. február 5. [Hivatkozva: 2010. február 26.] http://hu.wikipedia.org/wiki/Arzén.

46. **Christie, Agatha.** *Harmadik lány.* Budapest : Hunga-Print Nyomda és Kiadó, 1989. old.: 199.

47. —. Baleset. *A vád tanúja.* Budapest : Európa : Budapest : Európa, 2008, cop. 1982.

48. —. *A titokzatos Négyes.* Budapest : Hungalibri Kiadó, [1997], cop. 1993. old.: 206.

49. Antimon. *Wikipédia.* [Online] 2010. január 24. [Hivatkozva: 2010. február 26.] http://hu.wikipedia.org/wiki/Antimon.

50. **Christie, Agatha.** *A kutya se látta.* Debrecen : Aquila, 2007, cop. 1993. old.: 310.

51. Match. *Wikipedia.* [Online] 2010. április 16. [Hivatkozva: 2010. áprlilis 30.] http://en.wikipedia.org/wiki/Match.

52. **Christie, Agatha.** *Bűbájos gyilkosok.* Budapest : Európa Könyvkiadó, 2000, cop. 1984. old.: 264.

53. **Margit, Dr. Varga.** *Bioszervetlen kémia (egyetemi jegyzet).* Budapest : Eötvös Loránd Tudományegyetem, 1994. old.: 138.

54. **Christie, Agatha.** *Gyöngyöző cián.* Debrecen : Aquila, 2006. old.: 269.

55. —. *Tíz kicsi néger.* Budapest : Európa : Budapest : Európa, 2005. old.: 266.

56. —. *Gyilkosság Mezopotámiában.* Budapest : Európa Könyvkiadó, 2001. old.: 293.

57. —. *A hét számlap rejtélye.* Budapest : Magyar Könyvklub, 1995. old.: 273.

58. —. *Cipruskoporsó.* Budapest : Európa Könyvkiadó, 2002, cop. 1981. old.: 264.

59. Bróm. *Wikipédia.* [Online] 2010. április 12. [Hivatkozva: 2010. április 26.] http://hu.wikipedia.org/wiki/Bróm.

60. Nátrium-hidrogénkarbonát. *Wikipédia.* [Online] 2010. március 6. [Hivatkozva: 2010. március 8.] http://hu.wikipedia.org/wiki/Nátrium-hidrogénkarbonát.

61. **Szalkai, Zsuzsanna.** A Kalmorypintől a Cavintonig - a gyógyszeripar nagy korszakai Magyarországon. *Sci-Tech.* [Online] [Hivatkozva: 2010. április 21.] http://www.scitech.mtesz.hu/25gyogyszeripar/index.html.

62. **Christie, Agatha.** *A titokzatos styles-i eset.* Budapest : Európa Könyvkiadó, 1990. old.: 397.

63. —. A rodoszi háromszög. *Gyilkosság a csendes házban.* Budapest : Magyar Könyvklub, 1998, cop. 1996, old.: 249.

64. *Adolf von Baeyer and the Naming of Barbituric Acid.* **Kauffman, G. B.** 3., hely nélk. : Journal of Chemical Education, 1980., 57.. kötet.

65. **Christie, Agatha.** *Rejtély az Antillákon.* Budapest : Európa Könyvkiadó, 2005. old.: 247.

66. Barbital. *Wikipedia.* [Online] 2010. április 29. [Hivatkozva: 2010. április 29.] http://en.wikipedia.org/wiki/Barbital.

67. **Christie, Agatha.** *És eljő a halál...* Budapest : Hungalibri Kiadó : Budapest : Hungalibri Kiadó, [1997], cop. 1993.

68. —. No. 16. Budapest : Hunga-Print Nyomda és Kiadó, 1989.

69. Ricinus. *Wikipédia.* [Online] 2009. november 25. [Hivatkozva: 2009. november 26.] http://hu.wikipedia.org/wiki/Ricinus.

70. **Christie, Agatha.** *Egy marék rozs.* Budapest : Európa Könyvkiadó, 2005, cop. 1977.

71. **Vetter, János Dr.** Mérgező növényeinkről (2. rész). *Orvosi Tükör.* 02. 19., 2001.

72. **Christie, Agatha.** Szent Péter hüvelykujja. *Tizenhárom rejtély.* Budapest : Magyar Könyvklub, 1999, cop. 1995.

73. Nadragulya. *Wikipédia.* [Online] 2010.. március 11. [Hivatkozva: 2010.. április 27.] http://hu.wikipedia.org/wiki/Nadragulya.

74. Pilokarpin. *Wikipédia.* [Online] 2009.. december 29. [Hivatkozva: 2010.. április 30.] http://hu.wikipedia.org/wiki/Pilokarpin.

75. Ópium. *Wikipédia.* [Online] 2010.. április 24. [Hivatkozva: 2010.. április 30.] http://hu.wikipedia.org/wiki/Ópium.

76. LSD. *Wikipédia.* [Online] 2010.. március 25. [Hivatkozva: 2010.. április 30.] http://hu.wikipedia.org/wiki/LSD.

77. Kloroform. *Wikipédia.* [Online] 2009.. november 11. [Hivatkozva: 2009.. november 15.] http://hu.wikipedia.org/wiki/Kloroform 2009. november 11., 14:28.

78. **Christie, Agatha.** *Gyilkosság a paplakban.* Budapest : Európa Könyvkiadó, 2006, cop. 1978.

79. Magnézium. *Wikipédia.* [Online] 2010.. április 4. [Hivatkozva: 2010.. április 30.] http://hu.wikipedia.org/wiki/Magnézium.

80. **Christie, Agatha.** A kék muskátli. *Tizenhárom rejtély.* Budapest : Magyar Könyvklub, 1999, cop. 1995.

81. Ammónium-klorid. *Wikipédia.* [Online] 2010.. január 11. [Hivatkozva: 2010.. március 30.] http://hu.wikipedia.org/wiki/Ammónium-klorid.

82. **Christie, Agatha.** A Kedd Esti Klub . *Tizenhárom rejtély.* Budapest : Magyar Könyvklub, 1999, cop. 1995.

83. Magyar Élelmiszerkönyv 1-2-2006/128 számú előírás .

84. **Mária, Maadadiné Borbély.** Kompetenciák fejlesztése a kémia tantárgyban. 2003. december 9..

85. **Rózsahegyi, Márta és Wajand, Judit.** *Látványos kémiai kísérletek.* Szeged : Mozaik Oktatási Stúdió, 1999. old.: 271.

86. **Thinkquest Team 00206 for 2004-2005 Competition.** Experiments. *Forensic Science .* [Online] [Hivatkozva: 2010. április 30.] http://library.thinkquest.org/04oct/00206/text_i_experiments.htm.

87. **Anne Marie Helmenstine, Ph.D.** Crime Scene Chemistry - Test for Blood. *About.com.* [Online] 2009.. március 1. [Hivatkozva: 2010.. április 26.] http://chemistry.about.com/b/2009/03/01/crime-scene-chemistry-test-for-blood.htm.

88. DNA Analyst Training. [Online] http://static.dna.gov/lab-manual/Linked%20Documents/Protocols/pdi_lab_pro_2.15.pdf.

89. Chemical methods for Developing Latent Fingerprints. *Journal of Chemical Education.* 4 April , 1999 ., Vol. 76 No. kötet.

90. Napóleon rejtélyes halála. *Sulinet.* [Online] [Hivatkozva: 2010. április 14.] http://www.sulinet.hu/tori/szakkor/hirek/napoleon/napoleon.html.