

KÉMIA IDEGEN NYELVEN



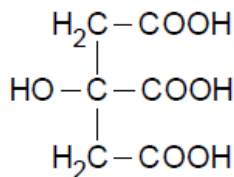
Kémia németül

Szerkesztő: Horváth Judit

A 2019/1. számban megjelent szakszöveg fordítása:

Citromsav izolálása¹ citromból

A citromsav (**2-hidroxipropán-1,2,3-trikarbonsav**, jobb oldali kép) szilárd halmazállapotú sav, és a növényvilágban terjedt el széles körben. A névadó citromon kívül előfordul almában, ribizliben, túlevelűekben és még a borban is.



Anionja, a citrát, a **citrátkör** fontos köztterméke², melyben szénhidrátok, zsírok és aminosavak **energianyerés** céljából többek között acetyl-coenzim-A-vá³ bontódnak le. A citromsavciklus során felnőttekben **naponta kb. 2000 g citromsav** képződik mint energiagazdag közttermék², és kerül újból **lebontásra**. Viszonylag magas citromsavtartalom⁴ található a **csontrendszerben**.

Citromsavat citromléből **mésztejjel való kicsapás** útján, kalcium-citrátként állítanak elő, melyet kénsavval kalcium-szulfátra és szabad citromsavra bontanak el. Gyakorlatilag azonban a citromsavat mintegy 90%-ban **cukoroldat fermentációjával nyerik** szénhidráttartalmú hulladékokból, mint melasz, szulfitszennyvizek⁵ stb. Világviszonylatban kb. 400 000 t citromsavat állítanak elő évente.

A citromsavat az ipar sok területen hasznosítja:

Adalékanyagként sütőporokban, pezsgő limonádéporokban⁶, ízjavítóként és **savanyításra, ill. pufferolásra** édességekben, zselékben,

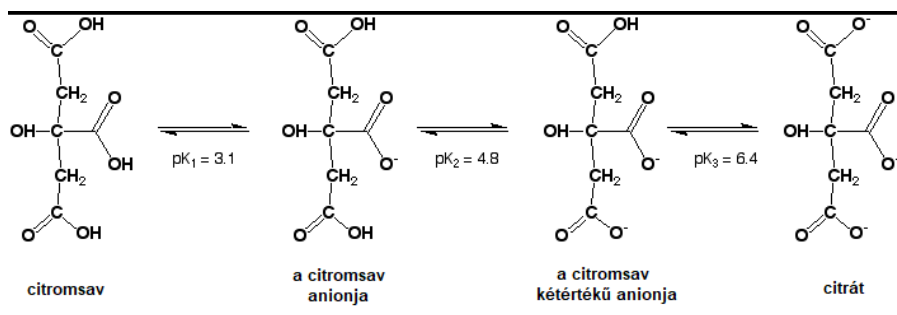
italokban, aromákban⁷, a bőr- és hajkozmetikában, **rozsdá eltávolítására** és fémfelületek tisztítására, vas komplexálására oldatban⁸, **vízkötelenítésre**, a galvanizáló- és textiltechnikában segédanyagként⁹, citrát alapú lágyítók előállítására, tintaoltok és hasonlóknak¹⁰ eltávolítására, olívaolaj színének eltüntetésére, oltott mész okozta felmaródások ellen, **véralvadás-gátlásra** vérkonzervek előállításánál. A citromsav **éves termelésének kb. 60–70%-át az élelmiszeripar (E330-as adalékanyagként)** használja fel, a maradék **gyógyszeripari és kozmetikai** célokra, valamint technikai alkalmazásokban és **tisztítószerekben** kerül felhasználásra. Italokban és pékárukban savanyúságot szabályozó anyagként mind jobban kiszorítja a citromsavat az almasav és a fumársav.

A citromsavat 1784-ben C. W. **Scheele** (1742-1786) izolálta első alkalommal citromléből, a szerkezetét **Liebig** határozta meg 1838-ban.

A kísérlet menete:

Két érett **citromot kifacsarunk**. A levet (mintegy 120 ml) **drótszűrőn (teaszűrőn) nagyjából leszűrjük**, és főzőpohárban annyi **tömény ammóniaoldattal elegyítjük**, hogy egyértelműen lúgos kémhatású legyen. (pH követése, mintegy 30–40 ml ammóniaoldat).

Amennyiben¹¹ a pH-t **lúgosra** állítjuk be, a következő reakciók lejátszódására kerül sor:





Ehhez az oldathoz mármost 3 mólos CaCl_2 -oldatból 50 ml-t adunk, és kissé megkeverjük. (Megfigyelés?)

Az oldatot **fűtőlap (rezsón) fülke** alatt (ammóniagőzők) $80\text{ }^\circ\text{C}$ -ra hevítjük. (Megfigyelés?)

A keletkező **csapadékot**, a kalcium-citrátot **víz sugar-vákuummal**¹² **nuccs-szűrőn**¹³ **átszívjuk** (leszűrjük) és 20–20 ml lobogó vízzel kétszer átmosuk.

Megfigyelés: A csapék először sárga (bal oldali kép), a következő szűrésnél fehér (jobb oldali kép):



A sót 50 ml vízben felfuszpendáljuk. Keverés mellett annyi **1 M-os kénsavat** adunk hozzá, hogy az oldat **pH-ja 2–3 közé** essen. (pH követése!) Ez a lépés nagyon nagy ügyességet és gondosságot igényel. Különösen arra kell ügyelni, nehogy **feleslegben** maradjon a **kénsav**, mivel máskülönben az oldat szárításakor betöményedne¹⁴, mire a citromsav **vízkilépéssel**¹⁵ akonitsavvá alakulna.

A keletkezett **csapadékot** megint **leszűrjük, és kidobjuk**¹⁶. A **tiszta oldatot bepárolva**¹⁷ **Petri-csészébe öntjük** és néhány napig állni hagyjuk.

Megfigyelés:

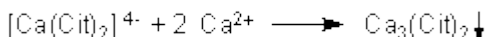
A **kikristályosítás** sajnos nem működött valami jól, valószínűleg vagy a forrkőben lévő **szennyezések** miatt, vagy kénsavfelesleg miatt, mely azután akonitsavvá **dehidratálja** a citromsavat:

**Magyarázat:**

A citromlevet leszűrjük, lúgos kémhatására állítjuk be és kalcium-kloriddal elegyítjük. Eközben – hidegen¹⁸ – vízoldható komplex keletkezik:

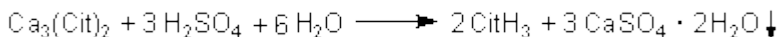


Melegítés során a feleslegben¹⁹ lévő kalciumionokkal trikalcium-citrát képződik, mely vízben nehezen oldható és kicsapódik:



Ezt a fehér, szilárd anyagot forrón szűrjük le, mivel²⁰ hidegen újra feloldódhat.

A kalcium-citrátot elkülönítjük, mossuk és híg kénsavval citromsavvá és gipszzé alakítjuk át:



A kalcium-szulfát kicsapódik, miközben a vízben nagyon jól oldódó citromsav oldatban marad. Miután a gipszből álló üledéket²¹ elkülönítettük, egyszerűen hagyjuk a citromsavat kikristályosodni.

A fordításokról:

Többeknél kimaradt a négy szerkezeti képlet alatti elnevezés lefordítása. A képeket/ábrákat nem szükséges beilleszteni a fordításba, azonban bármilyen ábrán megjelenő vagy ábra alatti szöveget mindig fordítani kell.

¹**Isolierung** – izolálás / kinyerés is jó (Tóth Zsanett)

²**Zwischenprodukt** – köztermék, nem ~~köztes termék~~. Két jó: Molnár Dóra és Waldberg Viktória.

³**zu Acetyl-CoA** – *acetyl-KoA-ra/-vá*. Ez igazából a citrátkör előtt történik, és az acetyl-KoA-k lépnek be a citrátkörbe.

⁴**C.-Gehalt = Citronensäuregehalt** – természetesen *citromsav-tartalom*, nem ~~C-vitamin tartalom~~ ! Csak Molnár Dóra nem dőlt be!

⁵**Sulfitablaugen** – *szulfitlúgok*. A cellulózgyártás hulladéka: a cellulóz mellől kioldott (feltárt) hemicellulózból származó hidrolizált cukrokat, valamint lignin-szulfonátokat (Waldberg Viktória) tartalmaz.

⁶**Brauselimonade** – *pezsgő italpor / limonádépor*
(*Brausetablette = pezsgőtabletta*)

⁷**Essenzen** – *eszenciák / aromák / sűrítmények / ízesítők*, de nem *illatszer*

⁸**in Lsg. = in Lösung** – *oldatban* (nem mindenki tudta)

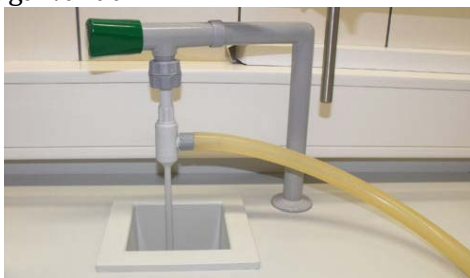
⁹**Hilfsmittel** – *segédanyag*, itt nem lehet *segédeszköz*

¹⁰**und dgl. = und dergleichen** – *és hasonló* (mindenki tudta)

¹¹**Stellt man..., so ...** – *Ha..., akkor...* (nem ~~így~~).

¹²**Wasserstrahlvakuum** – vízszugárvákuum

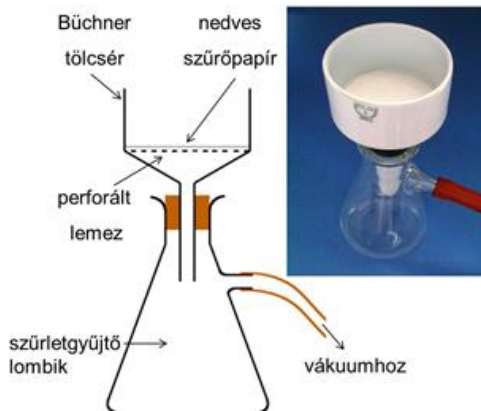
Vízcsapra szerelt
vízlégszivattyú:



<http://www.tfgnorveg.com/index.php?tr=50&k1=1&k2=2&k3=8>

¹³wird ... abgenutscht – nuccsoljuk

Nuccsszűrés:



https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0016_02_gyogyszertechnologia_alapjai/ch17.html

¹⁴konzentriert würde – *betöményedne*, nem ~~besűrűsödne~~, és nem ~~koncentrálódna~~.

¹⁵durch Wasserabspaltung – vízkilépéssel (*eliminációval*), nem ~~víz kiváláson keresztül~~.

¹⁶wird ... verworfen – *eldobjuk / kidobjuk!* Nem pedig ~~félretesszük~~.
Figyeljük meg: az első csapadékleválasztásnál a csapadékkal dolgozunk tovább, míg a második csapadékleválasztást követően az oldattal!

¹⁷eingedampft – *bepárolva (betöményítve)*. Nem a híg oldatot.

¹⁸in der Kälte – itt: *hidegen* ↔ ~~a hidegben/~~*alacsony hőmérsékleten*

¹⁹überschüssig – itt: *feleslegben lévő* ↔ ~~felesleges/~~*megmaradt*

²⁰da – *mert*, nem ~~így~~ (jó: Molnár Dóra, Mészáros Lujza, Waldberg Viktória)

²¹der (aus Gips bestehende) Bodensatz – *a gipszből álló üledék*, nem ~~szennyeződések~~

A második forduló eredménye

NÉV	Oszt.	ISKOLA	Ford. (max. 80)	Magyar nyelvtan (max. 20)	Σ (max.100)
Molnár Dóra	11.E	Eötvös József Gimn., Bp.	85	20	95
Waldberg Viktória	11.D	Bolyai János Gimn., Salgótarján	67,5	17,5	85
Tóth Zsanett	9.A	Széchenyi István Gimnázium, Sopron	65	17	82
Klonka Áron	II/4	Zentai Gimnázium	64	16,5	80,5
Mészáros Lujza			46,5	15	61,5
Zsigmond Richárd			33	13	46

A 2018/19-es tanév német fordítási versenyének végeredménye

NÉV	Oszt.	ISKOLA	I. (max. 100)	II. (max.100)	Σ (max. 200)
Molnár Dóra	11.E	Eötvös József Gimn., Bp.	91	95	186
Waldberg Viktória	11.D	Bolyai János Gimn., Salgótarján	87	85	172
Tóth Zsanett	9.A	Széchenyi István Gimnázium, Sopron	73,5	82	155,5
Klonka Áron	II/4	Zentai Gimnázium	58	80,5	138,5
Mészáros Lujza			62,5	61,5	124

KÉMIA IDEGEN NYELVEN



Kémia angolul

Szerkesztő: Tóth Edina

A „Kémia angolul” verseny 2019-es fordulójában már kisebb számban érkeztek a fordítások, de a mennyiséget a minőség kompenzálta. Szívvel gratulálunk a jól teljesítő beküldőknek!

A 2018/19-es angol fordítási verseny legjobbjai:

Horváth Emese Dorka	Városmajori Gimnázium, Budapest	379,3
Szebellédi Gergő	Kecskeméti Református Gimnázium	372,1
Tabajdi Tege	Soproni Széchenyi István Gimnázium	349,3
Mersits Botond	Soproni Széchenyi István Gimnázium	344,8
Sallay Réka Veronika	Teleki Blanka Gimnázium, Budapest	292,8
Imricskó Balázs	Kecskeméti Református Gimnázium	270,0

A Faraday-előadás mintafordítása

“De hogy jut a láng a tüzelőanyag birtokába? Egy csodálatos elképzelés tartozik ide: a hajszálcsövesség (kapilláris hatás). Hajszálcsövesség! Ebből bizonyára a hajszál cső alakjára asszociálnának. De ne törődjenek a névvel, régi időkben kapta, amikor még nem értettük, milyen jelenség áll valójában a folyamatok mögött.

A kapilláris hatásnak is nevezett jelenség felel azért, hogy a tüzelőanyag az égés helyszínére kerül és összegyűljön, de nem ám véletlenszerűen, hanem szépen a lejátszódó történések kellős közepében.

Most lássunk egy-két példát a hajszálcsövességre. Olyan történés vagy vonzó hatás ez, ami két egymásban nem oldódó anyagot "egybertart". Például mikor kezet mosunk, alaposan megnedvesítjük a kezeinket, egy kis szappan használatával javítjuk a tapadást. Erről a bizonyos jelenségről fogunk beszélni. Sőt mi több, ha kezünk éppen nem koszos (bár szinte mindig az a mindennapos tevékenységektől), és ujjunkat kevés meleg vízbe helyezzük, a víz egy kicsit felkúszik az ujjunk mentén, bár ezt valószínűleg sosem álltunk meg észrevenni.

Íme egy meglehetősen porózus anyag – egy oszlopformájú sötömb, amelynek az alján lévő tányérba fogok önteni egy víznek látszó folyadékot, ami nem víz, hanem telített sóoldat, ami többet már nem képes feloldani, tehát a bekövetkező események során az oldódás nem játszik szerepet. Tekinthetjük a tányért gyertyának, a söt kanócnak, az oldatot pedig olvadt faggyúnak. (A folyadékot megszíneztem, hogy az történések jobban láthatóak legyenek.) Látható, hogy miközben a folyadékot öntöm, az megemelkedik és fokozatosan egyre magasabbra mászik a sóoszlopon. (55. ábra). Amennyiben az oszlop nem borul fel, el is jut a tetejére. Ha ez a kék oldat gyúlékony lenne, és a só tetejére kanócot helyeznénk, felgyulladna, amint elérné a kanócot.

Rendkívül érdekes látni egy ilyen esemény megtörténtét és megfigyelni, mennyire egyedülállóak egyes körülmények. Kézművészként törölközőt használunk, hogy letöröljük a vizet. Ez a nedvesedés, vagyis az ilyen vonzó hatás tesz róla, hogy a törölköző vizes legyen, éppen úgy, ahogyan a gyertya kanócat átítatja az olvadt viasz. Ismertem néhány figyelmetlen fiút és lányt – valójában tudom, hogy ez figyelmes emberekkel is megtörténhet –, akik kézművészt és kéztörölést után a törölközőt a mosdótál szélére dobták. Ekkor a víz felszívódott mosdótálból és a törölközőn keresztül a padlón gyűlt össze. Mivel éppen olyan módon került annak az oldalára, hogy szifonként működhesen.

Talán jobb lenne, ha látnák, milyen módon hatnak egymásra az egyes anyagok. Itt van egy dróthálóból készült edény, amelyet vízzel töltöttünk fel. Működésében hasonlóan viselkedik, mint egyes

szempontok szerint a pamutvászon, vagy más szempontok szerint a kartonanyag. Valójában a kanóc is készülhet bizonyos típusú dróthálóból. Látható, hogy az edényünk lyukacsos szerkezetű, hiszen ha vizet öntünk bele, az alján kifolyik.

Ha megkérdezném, milyen állapotú ez az edény, mi található benne és miért, jó ideig tanácsstalanok lennének. Az edény vízzel van tele, mégis a víz úgy jut be és folyik ki, mintha üres lenne. Ennek bebizonyításához csak ki kell ürítenem. Az ok ennyi: a drót, ha egyszer nedves lett, nedves is marad; a hálón lévő lyukak olyan kicsik, hogy a folyadék annyira erősen vonzódik egyik oldalról a másikra, hogy az lyukacsos volta ellenére az edényben marad. Ilyen módon az olvadt viasz részecskéi is megemelkednek és elérnek a pamutszál tetejére: további részecskék követik őket a köztük lévő vonzásnak köszönhetően, és ahogyan elérik a lángot, fokozatosan elégnek.

Nézzünk egy másik példát ezen elv alkalmazására. Láthattak már kis náddarabkákat, amiket egyes fiúk az utcán meggyújtottak és cigarettát imitálva próbáltak "elszívni", miközben nagyon igyekeztek felnőtt férfinek tűnni. A nádat azért tudják "elszívni", mert egy irányban átereszt és jelen van a kapilláris hatás is. Ha ezt a náddarabot kamfént, egy főbb tulajdonságaiban paraffinra erősen hasonlító anyagot tartalmazó edénybe teszem, pontosan úgy fog ez a folyadék a nádon keresztül emelkedni, mint ahogyan a kék folyadék emelkedett a sóoszlopon. Mivel az oldalán nincsenek pórusok, abba az irányba nem tud menni, hosszában kell végig haladnia a náddarabon. Most, hogy a folyadék a nád tetején van, meggyújtható és gyertyaként használható. A folyadék a nád hajszálcsövessége miatt emelkedett, ahogy a gyertyában a viasz a pamutszálon keresztül.

Az egyetlen ok, amiért a gyertya nem ég el teljes hosszában az, hogy az olvadt faggyú eloltja a lángot. Közismert, hogy a gyertya, amit fejjel lefelé fordítunk, tehát a tüzelőanyag ráfolyhat a kanóc másik felére, elalszik. Ennek az az oka, hogy a lángnak nincs ideje kellőképpen felmelegíteni a tüzelőanyagot, mint ahogy fent teszi, amikor is kis mennyiségben kerül a kanócra, és a teljes hőenergiát felveszi.

A gyertya égésének megértéséhez még egy fontos feltételt kell elsajátítanunk: a tüzelőanyag gőz halmazállapotú. A megértéshez engedjék meg, hogy mutassak egy látványos, de igencsak hétköznapi kísérletet. Ha okosan fújunk el egy gyertyát, láthatjuk a füstöt felszállni

belőle. Bizonyára sokszor érezték már az elfújtt gyertya füstjét. Igen kellemetlen szaga van, de ha okosan fújjuk el, kiválóan láthatjuk a gőzt, amivé a szilárd anyag alakult. Most elfújok egy gyertyát úgy, hogy ne kavarjam fel körülötte a levegőt az ismétlődő levegővételemmel. Most, ha egy égő gyújtópálcát tartunk két-három hüvelykre (kb. 5-8 cm) a kanóctól, megfigyelhetjük, hogy tűzcsík szeli át a levegőt, amíg el nem éri a gyertyát. (56. ábra) Gyorsaság és célirányosság szükséges, mert ha hagyom lehűlni a gőzt, az lecsapódik, vagy valami megzavarja az éghető anyag áramát.

Az Avogadro-szám közelítő meghatározása

A kísérlet menete

Speciális felszerelések	Vegyszerek
14 cm átmérőjű óraüveg; cm-ben mérő vonalzó vagy méterrúd; hegyes (50 csepp/ml) polietilén transzferpipetták; tiszta-polipropilén fecskendők; tiszta, ultratiszta, felületaktív anyagoktól mentes (lehetőleg desztillált vagy víztisztítón átküldött) víz; egyszer használatos gumikesztyű; 13×100 mm-es kémcsövek parafadugóval	Hexán 0,10 g/l sztearinsav (magas tisztasági fokú) hexánban oldva 0,1 mol NaOH 50/50 arányú metanol/víz elegyben (térfogat/térfogat, vagyis V/V), amely az óraüvegek elmosásához szükséges

Biztonsági figyelmeztetések	Hulladék összegyűjtése
A hexán gyúlékony! Hexánnal való munka során a laboratóriumban nyílt láng használata tilos! Ha az óraüvegek tisztítását magunk végezzük metanolos NaOH-oldatban, a kéz védelmére gumikesztyű viselete kötelező. A laboratóriumi munka során, mint mindig, viseljünk védőszemüveget!	A kísérlet vége után a fel nem használt hexán oldószer és a hexánban oldott sztearinsav kerüljön egy hulladékgyűjtő edénybe, melyen a következő felirat áll: „Hulladék – hexán/ sztearinsav hexános oldata.”

A felszerelés előkészítése

A sztearinsav szilárd anyag. Könnyedén kimérhető és a víz felszínére juttatható, ha hexánban oldott sztearinsavat cseppentünk a vízre. A hexán nem oldódik vízben. Mivel magas a gőznyomása, gyorsan elpárolog, a visszamaradó sztearinsav a víz felszínén elterülve egy molekula vastagságú, ún. monomolekuláris réteget alkot.

Mivel a sztearinsav egyike a szappanokban megtalálható zsírsavaknak, nem szabad szappannal tisztítani az óraüveget. Bármiféle szappan, zsír vagy kosz réteget képezhet a vízen, ami megakadályozza a sztearinsav felszínén való elterülését, és így értelmezhetetlen eredményhez vezet, hiszen már az első csepp sem lesz képes szétterülni.

Vegyünk egy 14 cm-es átmérőjű óraüveget. Ha előzetesen nem áztattuk be a „vegyszerigénynél” ismertetett metanolos NaOH-oldatba áztatva, akkor alaposan tisztítsuk meg mosószerrel. Öblítsük le teljesen a mosószert a teljesen megnyitott hidegvizes csap alatt egy percre, majd mossuk át alaposan desztillált vízzel. Ismételjük meg ezt minden kísérlet után, vagy vegyünk minden alkalommal új, [metanolos NaOH-ban] előáztatott óraüveget. Csak a szélénél érintsük meg az óraüveget, különösen ügyeljünk rá, hogy a belsejéhez semmi se érhesse. Különösen figyeljünk arra, hogy ujjaink (amelyek mindig kissé zsírosak) ne érintkezzenek az üvegfelülettel.

1. A víz felszínét beterítő sztearinsav-oldat térfogatának meghatározása.

Töltsünk körülbelül 3–4 cm³ 0,10 g/dm³ koncentrációjú hexános sztearinsavoldatot egy tiszta és száraz 13×100 mm méretű kémcsőbe! Az éppen használaton kívüli kémcsövet tartsuk bedugva. Töltsük az óraüveget csordultig desztillált vízzel. Óvatosan mérjük meg a vízfelszín átmérőjét vonalzóval vagy méterrúddal.

Vágjuk le az egyik polietilén-transzferpipetta kupakját kb. a hegyétől 25 mm-re és illesszük a levágott hegyet a fecskendő végén található kúpos csatlakozóhoz. Majd öblítsük ki és töltsük fel sztearinsav-oldattal az 1 ml-es fecskendőt, figyeljünk oda a belsejében kialakuló buborékokat eltávolítására.

Olvassuk le és jegyezzük fel a kiindulási térfogatot a fecskendő

skálájáról. Ezután cseppentsük az oldatot kis részletekben a víz felszínére. Kezdetben az oldat elterül az egész felületen, és ezt addig folytatja, amíg ki nem alakul a teljes monomolekuláris réteg. Ehhez a ponthoz közeledve az elterülés egyre lassabbá válik, mígnem egy csepp már nem csatlakozik a hártáéhoz, hanem a víz színére ül, ezzel egy apró kontaktlencséhez hasonlóvá válva. Ha ez a "lencse" megmarad kb. 30 másodpercig, bizonyosan levonhatjuk a következtetést, miszerint 1 cseppel több sztearinsavat cseppentettünk, mint amennyi a teljes monomolekuláris hártá képzéséhez szükséges. Most pedig jegyezzük le a fecskendő skálájáról leolvasott végleges értéket. Alaposan tisztítsuk le az óraüveget (vagy használjunk egy másikat), majd ismételjük meg a kísérletet. Ezt addig folytassuk, amíg az eredmények nem adnak azonos értéket maximum 2-3 csepp eltéréssel (0,04 ml). Miután minden mérést elvégeztünk, öblítsük ki tiszta hexánnal a fecskendőt és gyűjtsük a megmaradt hexánt tartalmazó oldatokat a megfelelő hulladékgyűjtő edénybe.

2. Az Avogadro-szám kiszámolása

A számolás több lépésben végezhető el. Elsőként kiszámoljuk a monomolekuláris réteg képződéséhez szükséges hexános sztearinsavoldat térfogatát. A hexán maradéktalanul elpárolog, csak a fentiekben említett vékony réteget hagyva maga után, ezért következő lépésként a hártát képző tiszta sztearinsav tényleges tömegének kiszámítása következik. A monomolekuláris réteg vastagságát annak felszínéből és a sztearinsav ismert sűrűségéből kapjuk meg. Feltéve, hogy a sztearinsav-molekulák sűrűn helyezkednek el, és tudva, hogy molekulánként 18-18 összekapcsolódó szénatomot tartalmaznak, kiszámolhatjuk a szénatom átmérőjét és térfogatát. Végül kiszámítjuk egy mól szénatom térfogatát gyémántban úgy, hogy a szén (gyémánt) moláris térfogatát elosztjuk egy darab szénatom térfogatával, így megkapjuk az Avogadro-szám becsült értékét.

Megfontolások

A fent leírt kísérletben alkalmazott eljárás mód nem kifejezetten pontos. Léteznek más kísérletek is, amelyekkel megkapjuk az Avogadro-szám értékét. Például ha elosztjuk egy mol elektron elektromos töltését (Faraday-állandó) egy darab elektron elektromos töltésével, megkapjuk az egy mól elektronban lévő elektronok darabszámát, ami szintén megegyezik az Avogadro-számmal. A függelék 2. táblázatában szereplő állandók segítségével ezt ki is próbálhatják.

Az atomok igen apró mérete miatt a szám értéke nagyjából felfoghatatlan. Nézzünk egy szemléltetést a jobb megértéséhez! Képzeli el, hogy van 64 darab kb. 2 hüvelyk élhosszúságú ABC-kockánk, melyek egy nagy kockává álltak össze. A nagy kockának már minden éle 8 hüvelyk lenne, és minden irányban négy kisebb kocka éle alkotja. Most lapítsuk ki a kockát egy 64 kockát tartalmazó nagy négyzetté. Mekkora lennének e síkidom méretei? Végül „rendezzük” ezeket egy vonalba. Milyen hosszú lenne?

Ha ez megvan, képzeljünk el egy Avogadro-számnyi aprócska kockát, melyeknek mérete ($1,00 \times 10^{-10}$ m) nagyjából megegyezik a hidrogénatoméval. Ha ezek nagy kockává állnának össze, valahogy úgy, ahogy az ABC-s kirakó kockái, milyen hosszú lenne egy él? És mekkora lenne az ebből kilapítással kapott négyzet oldalhossza? Végül pedig, ha az apró hidrogénatom-kockácskákat egy vonallá rendeznénk, milyen hosszú lenne? Hasonlítsuk össze a kapott eredményt a Föld-Nap távolság kb. 150 ezer kilométerével.

Az imént használt eljárás során alkalmaztunk néhány egyszerűsítő feltételt, melyek közül néhányat a *Megfontolások* részben leírtuk és mennyiségi hatásait vizsgáltuk. Ezen egyszerűsítő feltételek összeadódása miatt akár az Avogadro-szám háromszorosát is kaphatjuk végeredményül.