**20. feladatlap: Áldás vagy átok a műanyag?[[1]](#footnote-1)**

**Módszertani útmutató**

**1. Téma:** A műanyagok csoportosítása, egyes műanyagok fizikai és kémiai tulajdonságai

**2. Felhasználás:**10. osztály, 45 perces tanóra

**3. Szükséges előzetes ismeretek:**

* Elsődleges és másodlagos kötések, kettős kötés.
* Hidratáció.
* Telítetlen szerves vegyületek.
* Addíció.
* Polimerizáció.
* Etilén, polietilén és poli(vinil-klorid) (PVC).

**4. Célok:**

* Motiváció: a kíváncsiság felkeltése a műanyagok előállítása, felhasználása, és a belőlük keletkező hulladékok feldolgozása iránt.
* Egyes műanyagok jelentőségének és néhány hulladékfeldolgozási módszernek a megismerése.
* A környezettudatos gondolkodás és magatartás fejlesztése.
* A megfigyelőkészség és a kísérletezéshez használt manuális készségek fejlesztése.
* A 2. típusú feladatlapot megoldó diákok esetében: a természettudományos vizsgálatok adott modellkísérletekre vonatkozó elveinek és gyakorlatának utólagos megértése. A 3. típusú feladatlapot megoldó diákok esetében: a természettudományos vizsgálatok adott modellkísérletekre vonatkozó elveinek és gyakorlatának előzetes megértése és önálló alkalmazása gyakorlati problémák kísérlettervezéssel történő megoldása során.

**5. Tananyag:**

* **Ismeret** szint:
	+ A műanyagok csoportosítása különböző szempontok alapján.
	+ A polietilén, a PVC és a nejlon összetétele.
	+ A hétköznapi életben használt téves elnevezések tisztázása.
	+ A „**s**zuper**a**dszorbens **p**olimerek” (SAP) felhasználása.
* **Megértés** szint:
	+ A műanyagok csoportosításának elméleti háttere.
	+ A polimerizáció (poliaddíció) és a polikondenzáció lényege.
	+ A műanyagok szerkezete és a fizikai, kémiai tulajdonságaik közötti néhány összefüggés.
	+ A műanyagok környezeti hatásának és a környezettudatos magatartásnak a kapcsolata.
	+ A „**s**zuper**a**dszorbens **p**olimerek” működése.
* **Alkalmazás** szint:
	+ A polimerizáció (poliaddíció) reakcióegyenletének felírása.
	+ A különböző műanyagok összetételének kimutatása.
* **Magasabb rendű műveletek** szintje:
	+ A 2. típusú feladatlapot megoldó tanulók esetében a receptszerű leírás alapján elvégzett modellkísérletek lényegének utólagos megértése.
	+ A 3. típusú feladatlapot megoldó tanulók esetében a modellkísérletek önálló, csoportos megtervezése és kivitelezése.

**6. Módszertani megfontolások:**

* A műanyag témakör szinte kimeríthetetlen. Ezért a jelen feladatlap keretei között csak ízelítőt tudunk adni a lehetséges területekből.
* A feladatlap egyes részeivel előzetes, ráhangoló óra, szakkör, projektnap, esetleg erdei iskola keretében érdemes részletesebben is foglalkozni. A tanári változatban vannak további ötletek, feladatok, információk (egyrészt részletesen leírva, másrészt források megjelölve a továbbgondolás segítésére).
* A feladatlap esetleg már az alkének és a poliének tanítása után is alkalmazható. Ebben az esetben a polikondenzációs műanyagok csak a fogalom szintjén kerülhetnek elő. A szerves kémiai tanulmányok végén pedig összegzésként, szemléletformálásként érdemes ezt a feladatlapot fölhasználni.
* Minden műanyag égetéséhez más csipeszt használjanak a tanulók, mert az esetlegesen ráolvadó műanyag befolyásolhatja a következő kísérlet tapasztalatait.
* A polietilén műanyag (pl. nejlonzacskódarab) helyett lehet például PET-palack darabbal is kísérletezni.
* A „Látványos kémiai kísérletek” című könyvben az 5.27. számú kísérlet megad egy módszert, hogy miként juthatunk nátrium-poliakriláthoz, ami egy SAP-műanyag. A papírpelenkából való kinyerés azonban sok időt és kitartást igényel. Másrészt az egyszer használatos pelenkamaradványokból hulladék lesz, és a szemétbe kerülnek. Kis golyócskák formájában ugyanilyen elven működő kálium-poliakrilát vagy nátrium-poliakrilát műanyagokat lehet beszerezni kertészeti árudákban, esetleg virágboltokban „víztartó kristály” elnevezéssel. Nagyobb kiszerelésben pl. az interneten is rendelhető. A kísérletet DCM Aquaperla víztartó kristállyal próbáltuk ki. Az 50 g-os kiszerelés ára egy kertészeti árudában 650 Ft volt. Ez kálium-poliakrilátot tartalmaz, de a káliumionok szerepe azonos a feladatlapokon és a tanári változatban említett nátriumionokéval.
* A diákok óvatosan járjanak el, amikor a sót keverik a gélhez, nehogy a szűrőpapír kilyukadjon.
* Csapvízzel is elvégezhető a kísérlet, de akkor kevesebb vizet köt meg az SAP-műanyag. (A magyarázatot lásd később.)
* Mivel a 2. és a 3. kísérlet időigényes, elképzelhető olyan óraszervezés is, hogy a feladatlap kitöltését ezzel kezdik a diákok, és a folyadékok csöpögése közben végzik a többi feladatot.

**7. Technikai segédlet:**

* **Anyagok és eszközök a tanulókísérletekhez (csoportonként):**

**1. Kísérlet**

* + poli(vinil-klorid) az 1. számú óraüvegen vagy PET-palack kupakban (és ha a minta por alakú, akkor az egyik csipesz helyett fém spatulát vagy égetőkanalat kell hozzá kikészíteni)
* polietilén a 2. számú óraüvegen vagy PET-palack kupakban (esetleg más műanyag is lehet, aminek az égésekor nem keletkezik HCl-gáz)
* gyufa
* borszeszégő
* óraüveg (elhagyható, ha a használt gyufát a diákok a homoktálba teszik)
* 3 db univerzális indikátorpapír külön óraüvegeken vagy PET-palack kupakokban (kettő a minták vizsgálatához és egy a kontroll)
* 3 db csipesz (kettő a műanyagokhoz, egy az indikátorpapírhoz)
* Petri-csésze vagy bepárlótál homokkal
* kis főzőpohár desztillált vízzel az indikátorpapír benedvesítéséhez
* védőszemüveg
* gumikesztyű

**2. és 3. Kísérlet**

* 1 db 150 cm3-es főzőpohár, benne 0,10 g poliakrilát műanyag (SAP)
* 1 db 150 cm3-es főzőpohár, benne 100 cm3 desztillált víz
* 1 db mérőhenger (100 cm3)
* üvegbot
* Bunsen-állvány szűrőkarikával
* üvegtölcsér, benne méretre vágott szűrőpapír
* Petri-csészében vagy PET-palack kupakban 1,0 g NaCl (konyhasó is megfelel)
* vegyszeres kanál
* (mérleg 0,10 g és 1,0 g kimérésére)

Az egy csoport számára a három tanulókísérlethez előkészített tálca a következő fényképen látható:



Egy olyan termék fényképe, ami kálium-poliakrilát műanyagot (SAP) tartalmaz:



* **Előkészítés:**
	+ Fontos, hogy a tanár előre próbálja ki a kísérleteket az általa kiadott műanyagdarabokkal, mivel a műanyagokban többféle adalékanyag lehet.
	+ A nátrium-poliakrilát vagy kálium-poliakrilát műanyag (SAP) vásárlását előre meg kell szervezni. Amennyiben nem lehet a környéken kapni, érdemes az interneten megrendelni. A papírpelenkából való kinyerést csak a végső esetben javasoljuk. Hógolyó-készítő játék tartozékaként is árulnak nátrium-poliakrilátot. Granulált poliakriláttal sajnos nem végezhető el sikeresen a kísérlet.
* Lehetőleg közvetlenül az óra előtt tegyük ki a műanyag golyócskákat a pohárba, vagy legalább fedjük le, mivel a levegőből is megköt nedvességet a SAP-műanyag, s ez csökkenti a kísérlet során megkötött víz mennyiségét.
	+ Az idővel való takarékosság érdekében, készítsük elő a szűrőpapírt a szűrésekhez. Lehetséges, hogy ezt a diákok a kísérleti óra előtti órán maguk készítik el.
	+ Amennyiben a sózás után lefolyó oldatot a második kísérletben lefolyt vízhez adják a tanulók, akkor a 100 cm3-es mérőhenger elegendő.
	+ A műanyagok égetésekor homoktál helyett felfordított csempe vagy befőttes üveg csavaros fém teteje is használható.
* **Balesetvédelem**
	+ A műanyagok égetésekor ismeretlen, esetleg az egészségre káros anyagok is felszabadulhatnak, ezért fontos, hogy kis darab műanyagmintát égessenek a diákok, és legyenek nyitva az ablakok a tanteremben.
	+ Figyelmeztetni kell a diákokat, hogy ne tartsák túl közel az univerzális indikátorpapírt az égő műanyaghoz, mert az is meggyulladhat.
	+ A borszeszégő használatának balesetvédelmi szabályait mindenképpen át kell ismételni a diákokkal.
	+ A hosszú hajú tanulók fogják össze a hajukat.
* **Hulladékkezelés**
	+ A megduzzadt nátrium-poliakrilát vagy kálium-poliakrilát gélt a kommunális hulladékgyűjtőbe lehet kirázni a tölcsérből, majd a hagyományos módon ki lehet mosni azt.
	+ Az esetleg megolvadt műanyagokat tartalmazó homokot, valamint a használt szűrőpapírt is a kommunális hulladékgyűjtőbe lehet tenni.

**Áldás vagy átok a műanyag?** (1. típus: receptszerű változat)

**(Húzd alá vagy keretezd be a helyes, vagy húzd át a hibás szövegrészt a „/” jel előtt vagy után!)**

Képzeljétek csak el, hogy mi maradna az otthonotokban, az utcán, az iskolában, ha minden olyan tárgy eltűnne, amiben műanyag van! Azonban a Tiszán a PET Kupa keretében több százezer palackot gyűjtenek össze[[2]](#footnote-2)… Sok fénykép látható az interneten olyan elpusztult állatokról is, amelyek halálát a különféle műanyagok okozták. A legtisztábbnak gondolt Északi-sarkon hulló (megolvasztott) hó egy literjében pedig tízezernél is több, öt mikrométernél kisebb műanyagrészecskét találtak.[[3]](#footnote-3) A műanyag tehát: **áldás/átok/mindkettő egyszerre.**

A problémák csökkentése érdekében nemzetközileg elfogadott az „**5R”** szemlélet: **R**euse! (Használd újra!); **R**educe! (Csökkentsd!); **R**ecycle! (Forgasd vissza!); **R**ethink! (Gondold újra!); **R**estore! (Újítsd fel!). Rengeteg féle műanyag van. Ahhoz, hogy megértsük, melyik hogyan használható és mit tehetünk velük, ha már végképp nincs rájuk szükségünk, jó, ha megismerkedtek az előállításuk, tulajdonságaik és megsemmisítésük kémiai hátterével.

A hétköznapokban a műanyagokkal kapcsolatban használt megnevezések és elképzelések néha pontatlanok, sőt tévesek. Például a „nejlonzacskó” és a „nejlonharisnya” anyagai a műanyagok két teljesen más csoportjába tartoznak. Előállítási módjuk szerint ugyanis a **polimerizációs,** azaz **poliaddíciós** műanyagok telítetlen (kettős kötést tartalmazó) monomerek melléktermék nélküli összekapcsolódásával keletkeznek. A **polikondenzációs** műanyagok esetében viszont olyan kismolekulák a melléktermékek, mint pl. a víz (amely a reakció közben lecsapódik, azaz kondenzálódik). A nejlonharisnya tényleg nejlonból van, ami egy poliamid típusú műszál. Ennek a láncnak a képződésekor az aminocsoportok vízkilépés közben reagálnak a karboxilcsoportokkal, tehát ez **polimerizációs (poliaddíciós)/polikondenzációs** műanyag. A „nejlonzacskót” viszont polietilénből készítik. Írjátok fel az etén polimerizációjának egyenletét!

A „nejlonzacskó” anyaga tehát **polimerizációs (poliaddíciós)/polikondenzációs** műanyag.

Az újra divatos retró „bakelit lemez” elnevezés is tévedésen alapul. A **hőre keményedő** bakelitbe ugyanis nem lehet préselni semmit (tehát a lemezjátszó tűje által követhető barázdákat sem).[[4]](#footnote-4) Ezért erre a célra **hőre lágyuló** műanyagokat használnak, amelyek kinézetre valóban hasonlítanak a gyakran fekete színű bakelithez. A műanyagok e kétféle csoportja között az a különbség, hogy a **hőre keményedő/lágyuló** műanyagokban a hosszú, láncszerű (egydimenziós) molekulák között csak viszonylag gyenge másodlagos kötések vannak, amelyek magasabb hőmérsékleten könnyen fölszakadnak. A **hőre keményedő/lágyuló** műanyagokban viszont kovalens kötésekkel összetartott térhálós (háromdimenziós) szerkezet alakul ki, és további hőhatásra a térhálósodás folytatódik.

A műanyaghulladékok **újrahasznosításának (R**ecycle! - Forgasd vissza!) egyik módja a hő hatására kisebb, új célokra felhasználható szerves molekulákra bontás (**pirolízis**). Azonban sajnos még manapság is nagyon sok műanyagot égetnek el. Ennek során üvegházhatású szén-dioxid és víz mindenképpen keletkezik, de egyes műanyagok esetében más káros termékek is kikerülhetnek a levegőbe, ha nem kötik meg őket. Így például a poli(vinil-klorid) (PVC) **égetés**ekor hidrogén-klorid keletkezik, ami savas esőt okoz. Írjatok javaslatot arra, vajon hogyan lehet a hidrogén-kloridot kémiai úton eltávolítani a füstgázokból!

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….

**1. Kísérlet:** A tálcátokon található két minta közül az egyik PVC, a másik polietilén. Fogjátok meg az 1. mintát az egyik csipesszel és tartsátok a homoktálba tett borszesz- vagy Bunsen-égő lángjába! (Vigyázzatok, hogy az esetleg megolvadó műanyag a homokra csöppenjen!) Közben a másik csipesszel tartsatok az égő műanyag fölé egy desztillált vízzel megnedvesített univerzális indikátorpapírt. Ismételjétek meg ezt a műveletet a 2. mintával!

**Tapasztalatok:**

1. minta: Magasabb hőmérsékleten **lágyult/keményedett**. A megnedvesített indikátorpapír ……………………. színű.

2. minta: Magasabb hőmérsékleten **lágyult/keményedett**. A megnedvesített indikátorpapír ……………………. színű.

**Magyarázat:**1. minta: A műanyagban **egydimenziós/háromdimenziós** molekulák vannak. Az égésekor erősen savas anyag **keletkezett/nem keletkezett**. 2. minta: A műanyagban **egydimenziós/háromdimenziós** molekulák vannak. Az égésekor erősen savas anyag **keletkezett/nem keletkezett**.

**Következtetés:** A …… számú minta anyaga PVC, mert molekulái láncszerűek, és égéstermékeit vízben oldva erős sav (sósav) keletkezik.

Egy túlzottan egyszerűsítő elképzelés szerint a biológiailag (tehát mikroorganizmusok által) lebontható (**biodegradábilis**) műanyagok jók, a többiek rosszak. A környezetbe kerülő, és akár évezredekig nem lebomló műanyag hulladék szennyező hatása kétségtelen. Az állati és emberi szervezetbe jutó, fölaprózódott műanyagrészecskék hosszú távú hatásai pedig még ismeretlenek. Igaz az is, hogy a politejsav[[5]](#footnote-5) például műtétek során igen alkalmas varrófonálnak, mert a szervezetben kb. 2 év alatt lebomlik. Egyre több területen alkalmazzák a jól komposztálható, kukoricakeményítőből készült műanyag zacskókat is. Azonban a műanyagok többségének egyik legkedvezőbb tulajdonsága éppen a **tartósság**. Ezért sajnos nem lehet mindegyik műanyag biodegradábilis. Ráadásul a használatuk utáni kezelés során is fölmerülnek problémák.

Nem tartoznak a biológiailag lebomló kategóriába[[6]](#footnote-6)a nagy vízmegkötő képességű „**s**zuper**a**dszorbens **p**olimerek” („SAP”) sem.[[7]](#footnote-7) Mégis nélkülözhetetlenné váltak a papírpelenkákban, különböző betétekben és még virágföldbe keverve is a nedvesség megtartására. (Aki nem hiszi, gondoljon arra, milyen kevés kiömlött folyadékot lehet fölitatni pl. egy papírzsebkendővel!) Az interneten elérhető egyik tanulmányban ez olvasható: „*A cellulózból készült vatta 1 grammja átlagosan 12 g vizet képes megkötni, azonban az SAP 1 grammja képes lehet akár*

*1000 g víz adszorbeálására is*.[[8]](#footnote-8) A következő kísérletekben azt vizsgáljuk, hogy **a saját tömegüknek kb. hányszorosát** képesek megkötni a fenti esetekben a folyadékokból a tálcátokon lévő, főként térhálósított nátrium-poliakrilátból készült SAP műanyag szemcsék.

**2. Kísérlet:** Az egyik főzőpohárban 0,10 g tömegű SAP műanyag szemcse van. Öntsétek hozzá a másikban lévő 100 cm3 desztillált vizet és kevergessétek kb. 5 percig. Tegyétek a mérőhengert a tölcsér alá. A keletkezett gélt addig szűrjétek a tölcsérbe helyezett szűrőpapíron, amíg már fél perc alatt nem csöppen újabb folyadékcsepp a mérőhengerbe. (Ez kb. 8-10 percig tart. Ez alatt elolvashatjátok az alábbi, 3. Kísérlettel kapcsolatos feladatot.) Mérjétek meg a mérőhengerrel[[9]](#footnote-9) a lecsöpögött és a főzőpohárban összegyűlt folyadék térfogatát.

**Tapasztalat:** Kb. ……cm3 folyadék csöpögött le a tölcsérről és gyűlt össze az alatta lévő mérőhengerben.

**Magyarázat:** Az SAP kb. ……cm3, azaz kb. ……g desztillált vizet kötött meg. Ez a saját tömegének kb. ……-szorosa. Ez azért lehetséges, mert a gélbe zárt nátriumionok nagy mennyiségű vizet tudnak megkötni a hidrátburkukban.

**3. Kísérlet:** Érdekes kérdés az is, hogy a szuperadszorbensek vajon desztillált vízből vagy vizes oldatokból (pl. vizelet, vér, öntözővíz) tudnak-e többet megkötni. Ha az oldott anyagokat egyszerűen konyhasóval (NaCl) helyettesítjük, akkor ezt is megvizsgálhatjuk. A szűrőpapíron maradt gélhez adjátok hozzá a tálcátokon található (kb. 1 g) konyhasót, és óvatosan keverjétek meg. Jegyezzétek le, mi történt és próbáljatok rá magyarázatot adni.

**Tapasztalat:**…………………………………………………………………………………………………………………………………………………………

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….

**Magyarázat:**………………………………………………………………………………………………………………………………………………………..

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….

**Áldás vagy átok a műanyag?** (2. típus: receptszerű változat + a kísérlettervezés elmélete)

**(Húzd alá vagy keretezd be a helyes, vagy húzd át a hibás szövegrészt a „/” jel előtt vagy után!)**

Képzeljétek csak el, hogy mi maradna az otthonotokban, az utcán, az iskolában, ha minden olyan tárgy eltűnne, amiben műanyag van! Azonban a Tiszán a PET Kupa keretében több százezer palackot gyűjtenek össze[[10]](#footnote-10)… Sok fénykép látható az interneten olyan elpusztult állatokról is, amelyek halálát a különféle műanyagok okozták. A legtisztábbnak gondolt Északi-sarkon hulló (megolvasztott) hó egy literjében pedig tízezernél is több, öt mikrométernél kisebb műanyagrészecskét találtak.[[11]](#footnote-11) A műanyag tehát: **áldás/átok/mindkettő egyszerre.**

A problémák csökkentése érdekében nemzetközileg elfogadott az „**5R”** szemlélet: **R**euse! (Használd újra!); **R**educe! (Csökkentsd!); **R**ecycle! (Forgasd vissza!); **R**ethink! (Gondold újra!); **R**estore! (Újítsd fel!). Rengeteg féle műanyag van. Ahhoz, hogy megértsük, melyik hogyan használható és mit tehetünk velük, ha már végképp nincs rájuk szükségünk, jó, ha megismerkedtek az előállításuk, tulajdonságaik és megsemmisítésük kémiai hátterével.

A hétköznapokban a műanyagokkal kapcsolatban használt megnevezések és elképzelések néha pontatlanok, sőt tévesek. Például a „nejlonzacskó” és a „nejlonharisnya” anyagai a műanyagok két teljesen más csoportjába tartoznak. Előállítási módjuk szerint ugyanis a **polimerizációs,** azaz **poliaddíciós** műanyagok telítetlen (kettős kötést tartalmazó) monomerek melléktermék nélküli összekapcsolódásával keletkeznek. A **polikondenzációs** műanyagok esetében viszont olyan kismolekulák a melléktermékek, mint pl. a víz (amely a reakció közben lecsapódik, azaz kondenzálódik). A nejlonharisnya tényleg nejlonból van, ami egy poliamid típusú műszál. Ennek a láncnak a képződésekor az aminocsoportok vízkilépés közben reagálnak a karboxilcsoportokkal, tehát ez **polimerizációs (poliaddíciós)/polikondenzációs** műanyag. A „nejlonzacskót” viszont polietilénből készítik. Írjátok fel az etén polimerizációjának egyenletét!

A „nejlonzacskó” anyaga tehát **polimerizációs (poliaddíciós)/polikondenzációs** műanyag.

Az újra divatos retró „bakelit lemez” elnevezés is tévedésen alapul. A **hőre keményedő** bakelitbe ugyanis nem lehet préselni semmit (tehát a lemezjátszó tűje által követhető barázdákat sem).[[12]](#footnote-12) Ezért erre a célra **hőre lágyuló** műanyagokat használnak, amelyek kinézetre valóban hasonlítanak a gyakran fekete színű bakelithez. A műanyagok e kétféle csoportja között az a különbség, hogy a **hőre keményedő/lágyuló** műanyagokban a hosszú, láncszerű (egydimenziós) molekulák között csak viszonylag gyenge másodlagos kötések vannak, amelyek magasabb hőmérsékleten könnyen fölszakadnak. A **hőre keményedő/lágyuló** műanyagokban viszont kovalens kötésekkel összetartott térhálós (háromdimenziós) szerkezet alakul ki, és további hőhatásra a térhálósodás folytatódik.

A műanyaghulladékok **újrahasznosításának (R**ecycle! - Forgasd vissza!) egyik módja a hő hatására kisebb, új célokra felhasználható szerves molekulákra bontás (**pirolízis**). Azonban sajnos még manapság is nagyon sok műanyagot égetnek el. Ennek során üvegházhatású szén-dioxid és víz mindenképpen keletkezik, de egyes műanyagok esetében más káros termékek is kikerülhetnek a levegőbe, ha nem kötik meg őket. Így például a poli(vinil-klorid) (PVC) **égetés**ekor hidrogén-klorid keletkezik, ami savas esőt okoz. Írjatok javaslatot arra, vajon hogyan lehet a hidrogén-kloridot kémiai úton eltávolítani a füstgázokból!

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….

**1. Kísérlet:** A tálcátokon található két minta közül az egyik PVC, a másik polietilén. Fogjátok meg az 1. mintát az egyik csipesszel és tartsátok a homoktálba tett borszesz- vagy Bunsen-égő lángjába! (Vigyázzatok, hogy az esetleg megolvadó műanyag a homokra csöppenjen!) Közben a másik csipesszel tartsatok az égő műanyag fölé egy desztillált vízzel megnedvesített univerzális indikátorpapírt. Ismételjétek meg ezt a műveletet a 2. mintával!

**Tapasztalatok:**

1. minta: Magasabb hőmérsékleten **lágyult/keményedett**. A megnedvesített indikátorpapír ……………………. színű.

2. minta: Magasabb hőmérsékleten **lágyult/keményedett**. A megnedvesített indikátorpapír ……………………. színű.

**Magyarázat:**1. minta: A műanyagban **egydimenziós/háromdimenziós** molekulák vannak. Az égésekor erősen savas anyag **keletkezett/nem keletkezett**. 2. minta: A műanyagban **egydimenziós/háromdimenziós** molekulák vannak. Az égésekor erősen savas anyag **keletkezett/nem keletkezett**.

**Következtetés:** A …… számú minta anyaga PVC, mert molekulái láncszerűek, és égéstermékeit vízben oldva erős sav (sósav) keletkezik.

Egy túlzottan egyszerűsítő elképzelés szerint a biológiailag (tehát mikroorganizmusok által) lebontható (**biodegradábilis**) műanyagok jók, a többiek rosszak. A környezetbe kerülő, és akár évezredekig nem lebomló műanyag hulladékszennyező hatása kétségtelen. Az állati és emberi szervezetbe jutó, fölaprózódott műanyagrészecskék hosszú távú hatásai pedig még ismeretlenek. Igaz az is, hogy a politejsav[[13]](#footnote-13) például műtétek során igen alkalmas varrófonálnak, mert a szervezetben kb. 2 év alatt lebomlik. Egyre több területen alkalmazzák a jól komposztálható, kukoricakeményítőből készült műanyag zacskókat is. Azonban a műanyagok többségének egyik legkedvezőbb tulajdonsága éppen a **tartósság**. Ezért sajnos nem lehet mindegyik műanyag biodegradábilis. Ráadásul a használatuk utáni kezelés során is fölmerülnek problémák.

Nem tartoznak a biológiailag lebomló kategóriába[[14]](#footnote-14)a nagy vízmegkötő képességű „**s**zuper**a**dszorbens **p**olimerek” („SAP”) sem.[[15]](#footnote-15) Mégis nélkülözhetetlenné váltak a papírpelenkákban, különböző betétekben és még virágföldbe keverve is a nedvesség megtartására. (Aki nem hiszi, gondoljon arra, milyen kevés kiömlött folyadékot lehet fölitatni pl. egy papírzsebkendővel!) Az interneten elérhető egyik tanulmányban ez olvasható: „*A cellulózból készült vatta 1 grammja átlagosan 12 g vizet képes megkötni, azonban az SAP 1 grammja képes lehet akár*

*1000 g víz adszorbeálására is*.[[16]](#footnote-16) A következő kísérletekben azt vizsgáljuk, hogy **a saját tömegüknek kb. hányszorosát** képesek megkötni a fenti esetekben a folyadékokból a tálcátokon lévő, főként térhálósított nátrium-poliakrilátból készült SAP műanyag szemcsék.

**2. Kísérlet:** Az egyik főzőpohárban 0,10 g tömegű SAP műanyag szemcse van. Öntsétek hozzá a másikban lévő 100 cm3 desztillált vizet és kevergessétek kb. 5 percig. Tegyétek a mérőhengert a tölcsér alá. A keletkezett gélt addig szűrjétek a tölcsérbe helyezett szűrőpapíron, amíg már fél perc alatt nem csöppen újabb folyadékcsepp a mérőhengerbe. (Ez kb. 8-10 percig tart. Ez alatt elolvashatjátok az alábbi, 3. Kísérlettel kapcsolatos feladatot.) Mérjétek meg a mérőhengerrel[[17]](#footnote-17) a lecsöpögött és a főzőpohárban összegyűlt folyadék térfogatát.

**Tapasztalat:** Kb. ……cm3 folyadék csöpögött le a tölcsérről és gyűlt össze az alatta lévő mérőhengerben.

**Magyarázat:** Az SAP kb. ……cm3, azaz kb. ……g desztillált vizet kötött meg. Ez a saját tömegének kb. ……-szorosa. Ez azért lehetséges, mert a gélbe zárt nátriumionok nagy mennyiségű vizet tudnak megkötni a hidrátburkukban.

**3. Kísérlet:** Érdekes kérdés az is, hogy a szuperadszorbensek vajon desztillált vízből vagy vizes oldatokból (pl. vizelet, vér, öntözővíz) tudnak-e többet megkötni. Ha az oldott anyagokat egyszerűen konyhasóval (NaCl) helyettesítjük, akkor ezt is megvizsgálhatjuk. A szűrőpapíron maradt gélhez adjátok hozzá a tálcátokon található (kb. 1 g) konyhasót, és óvatosan keverjétek meg. Jegyezzétek le, mi történt és próbáljatok rá magyarázatot adni.

**Tapasztalat:**…………………………………………………………………………………………………………………………………………………………

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….

**Magyarázat:**………………………………………………………………………………………………………………………………………………………..

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….

Ezen a feladatlapon úgynevezett „**modellkísérleteket**” végeztetek. Az 1. Kísérletben az univerzális indikátorpapír megnedvesítésekor a **desztillált víz a csapadékot (esőt) modellezte**. A 2. Kísérlet során a SAP által **felszívandó folyadékokat** is egyszerűen **desztillált vízzel modelleztük**. A tölcsérben lévő szűrőpapír **helyettesítette** pl. a pelenkának vagy az intim betétnek azt a külső részét, amelyben a SAP szemcséket elhelyezik. A 3. Kísérletben a megduzzadt SAP szemcsékhez adott **konyhasóval modelleztük** a valóságban megkötendő folyadékokban (vizelet, vér, öntözővíz) lévő **oldott anyagokat**, amelyek a 2. Kísérletben lévő desztillált vízből hiányoztak. **Jobb lett volna a valóságos alkalmazásokat modellező kísérlet**, ha a 2. Kísérletet eleve olyan **konyhasó-oldattal** végeztük volna el, amely a **vízvisszatartás szempontjából a modellezendő folyadékhoz hasonlóan** viselkedik.

**Áldás vagy átok a műanyag?** (3. típus: kísérlettervező változat)

**(Húzd alá vagy keretezd be a helyes, vagy húzd át a hibás szövegrészt a „/” jel előtt vagy után!)**

Képzeljétek csak el, hogy mi maradna az otthonotokban, az utcán, az iskolában, ha minden olyan tárgy eltűnne, amiben műanyag van! Azonban a Tiszán a PET Kupa keretében több százezer palackot gyűjtenek össze[[18]](#footnote-18)… Sok fénykép látható az interneten olyan elpusztult állatokról is, amelyek halálát a különféle műanyagok okozták. A legtisztábbnak gondolt Északi-sarkon hulló (megolvasztott) hó egy literjében pedig tízezernél is több, öt mikrométernél kisebb műanyagrészecskét találtak.[[19]](#footnote-19)A műanyag tehát: **áldás/átok/mindkettő egyszerre.**

A problémák csökkentése érdekében nemzetközileg elfogadott az „**5R”** szemlélet: **R**euse! (Használd újra!); **R**educe! (Csökkentsd!); **R**ecycle! (Forgasd vissza!); **R**ethink! (Gondold újra!); **R**estore! (Újítsd fel!). Rengeteg féle műanyag van. Ahhoz, hogy megértsük, melyik hogyan használható és mit tehetünk velük, ha már végképp nincs rájuk szükségünk, jó, ha megismerkedtek az előállításuk, tulajdonságaik és megsemmisítésük kémiai hátterével.

A hétköznapokban a műanyagokkal kapcsolatban használt megnevezések és elképzelések néha pontatlanok, sőt tévesek. Például a „nejlonzacskó” és a „nejlonharisnya” anyagai a műanyagok két teljesen más csoportjába tartoznak. Előállítási módjuk szerint ugyanis a **polimerizációs,** azaz **poliaddíciós** műanyagok telítetlen (kettős kötést tartalmazó) monomerek melléktermék nélküli összekapcsolódásával keletkeznek. A **polikondenzációs** műanyagok esetében viszont olyan kismolekulák a melléktermékek, mint pl. a víz (amely a reakció közben lecsapódik, azaz kondenzálódik). A nejlonharisnya tényleg nejlonból van, ami egy poliamid típusú műszál. Ennek a láncnak a képződésekor az aminocsoportok vízkilépés közben reagálnak a karboxilcsoportokkal, tehát ez **polimerizációs (poliaddíciós)/polikondenzációs** műanyag. A „nejlonzacskót” viszont polietilénből készítik. Írjátok fel az etén polimerizációjának egyenletét!

A „nejlonzacskó” anyaga tehát **polimerizációs (poliaddíciós/polikondenzációs** műanyag.

Az újra divatos retró „bakelit lemez” elnevezés is tévedésen alapul. A **hőre keményedő** bakelitbe ugyanis nem lehet préselni semmit (tehát a lemezjátszó tűje által követhető barázdákat sem).[[20]](#footnote-20) Ezért erre a célra **hőre lágyuló** műanyagokat használnak, amelyek kinézetre valóban hasonlítanak a gyakran fekete színű bakelithez. A műanyagok e kétféle csoportja között az a különbség, hogy a **hőre keményedő/lágyuló** műanyagokban a hosszú, láncszerű (egydimenziós) molekulák között csak viszonylag gyenge másodlagos kötések vannak, amelyek magasabb hőmérsékleten könnyen fölszakadnak. A **hőre keményedő/lágyuló** műanyagokban viszont kovalens kötésekkel összetartott térhálós (háromdimenziós) szerkezet alakul ki, és további hőhatásra a térhálósodás folytatódik.

A műanyaghulladékok **újrahasznosításának (R**ecycle! - Forgasd vissza!) egyik módja a hő hatására kisebb, új célokra felhasználható szerves molekulákra bontás (**pirolízis**). Azonban sajnos még manapság is nagyon sok műanyagot égetnek el. Ennek során üvegházhatású szén-dioxid és víz mindenképpen keletkezik, de egyes műanyagok esetében más káros termékek is kikerülhetnek a levegőbe, ha nem kötik meg őket. Így például a poli(vinil-klorid) (PVC) **égetés**ekor hidrogén-klorid keletkezik, ami savas esőt okoz. Írjatok javaslatot arra, vajon hogyan lehet a hidrogén-kloridot kémiai úton eltávolítani a füstgázokból!

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….

**1. Kísérlet:** A tálcátokon található két műanyagdarab közül az egyik PVC, a másik polietilén. Hogyan tudnátok megállapítani (a tálcátokon található eszközöket és anyagokat használva), hogy melyik minta a PVC? (Melyik műanyag okozhat **savas esőt**? Hogyan lehet ezt a helyzetet **modellezni**?) Írjátok le ide a kísérlet tervét!

……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………

**Tapasztalatok:**

1. minta: ………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………

2. minta: ………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………

**Magyarázat és következtetés:**

A …… számú minta anyaga PVC, mert ……………………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………

Egy túlzottan egyszerűsítő elképzelés szerint a biológiailag (tehát mikroorganizmusok által) lebontható (**biodegradábilis**) műanyagok jók, a többiek rosszak. A környezetbe kerülő, és akár évezredekig nem lebomló műanyag hulladék szennyező hatása kétségtelen. Az állati és emberi szervezetbe jutó, fölaprózódott műanyagrészecskék hosszú távú hatásai pedig még ismeretlenek. Igaz az is, hogy a politejsav[[21]](#footnote-21) például műtétek során igen alkalmas varrófonálnak, mert a szervezetben kb. 2 év alatt lebomlik. Egyre több területen alkalmazzák a jól komposztálható, kukoricakeményítőből készült műanyag zacskókat is. Azonban a műanyagok többségének egyik legkedvezőbb tulajdonsága éppen a **tartósság**. Ezért sajnos nem lehet mindegyik műanyag biodegradábilis. Ráadásul a használatuk utáni kezelés során is fölmerülnek problémák.

Nem tartoznak a biológiailag lebomló kategóriába[[22]](#footnote-22)a nagy vízmegkötő képességű „**s**zuper**a**dszorbens **p**olimerek” („SAP”) sem.[[23]](#footnote-23) Mégis nélkülözhetetlenné váltak a papírpelenkákban, különböző betétekben és még virágföldbe keverve is a nedvesség megtartására. (Aki nem hiszi, gondoljon arra, milyen kevés kiömlött folyadékot lehet fölitatni pl. egy papírzsebkendővel!) Az interneten elérhető egyik tanulmányban ez olvasható: „*A cellulózból készült vatta 1 grammja átlagosan 12 g vizet képes megkötni, azonban az SAP 1 grammja képes lehet akár*

*1000 g víz adszorbeálására is*.[[24]](#footnote-24) A következő kísérletekben azt vizsgáljuk, hogy **a saját tömegüknek kb. hányszorosát** képesek megkötni a fenti esetekben a folyadékokból a tálcátokon lévő, főként térhálósított nátrium-poliakrilátból készült SAP műanyag szemcsék.

**2. Kísérlet:** A tálcátokon az egyik főzőpohárban 0,10 g tömegű SAP műanyag szemcse van, a másikban pedig 100 cm3desztillált víz, ami a SAP tömegének ezerszerese. Hogyan tudnátok meghatározni (a tálcátokon található eszközöket és anyagokat használva), hogy a saját tömegének kb. hányszorosát képes megkötni a desztillált vízből ez a SAP? Milyen folyadékokat **modellez ebben a kísérletben a desztillált víz**? Írjátok le ide a kísérlet tervét!

………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….…………

………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….…………

**Tapasztalatok:**………………………………………………………………………………………………………………………………………………..…..

……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………

**Magyarázat és következtetés:**……………………………………………………………………………………………………………………………..

……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………

Ez azért lehetséges, mert a gélbe zárt nátriumionok nagy mennyiségű vizet tudnak megkötni a hidrátburkukban.

**3. Kísérlet:** Vajon desztillált vízből vagy valamely vizes oldatokból képes-e a SAP többet megkötni? A tálcátokon található anyagok közül mivel tudnátok a SAP által fölszívandó folyadékokban (vizelet, vér, öntözővíz) **lévő oldott anyagokat modellezni**? Mit kellene vele tenni a kérdés megválaszolásához? Írjátok le ide a kísérlet tervét!

……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………

**Tapasztalatok:**………………………………………………………………………………………………………………………………………………..…..

……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………

**Magyarázat és következtetés:**……………………………………………………………………………………………………………………………..

……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………

**Jobb lett volna a valóságos alkalmazásokat modellező kísérlet**, ha a 2. Kísérletet eleve olyan **konyhasó-oldattal** végeztük volna el, amely a **vízvisszatartás szempontjából a modellezendő folyadékhoz hasonlóan** viselkedik.

**Áldás vagy átok a műanyag?** (tanári változat)

**(Húzd alá vagy keretezd be a helyes, vagy húzd át a hibás szövegrészt a „/” jel előtt vagy után!)**

Képzeljétek csak el, hogy mi maradna az otthonotokban, az utcán, az iskolában, ha minden olyan tárgy eltűnne, amiben műanyag van! Azonban a Tiszán a PET Kupa keretében több százezer palackot gyűjtenek össze[[25]](#footnote-25)… Sok fénykép látható az interneten olyan elpusztult állatokról is, amelyek halálát a különféle műanyagok okozták. A legtisztábbnak gondolt Északi-sarkon hulló (megolvasztott) hó egy literjében pedig tízezernél is több, öt mikrométernél kisebb műanyagrészecskét találtak.[[26]](#footnote-26)A műanyag tehát: **~~áldás/átok/~~mindkettő egyszerre.**

A problémák csökkentése érdekében nemzetközileg elfogadott az „**5R”** szemlélet: **R**euse! (Használd újra!); **R**educe! (Csökkentsd!); **R**ecycle! (Forgasd vissza!); **R**ethink! (Gondold újra!); **R**estore! (Újítsd fel!). Rengeteg féle műanyag van. Ahhoz, hogy megértsük, melyik hogyan használható és mit tehetünk velük, ha már végképp nincs rájuk szükségünk, jó, ha megismerkedtek az előállításuk, tulajdonságaik és megsemmisítésük kémiai hátterével.

***Megjegyzés: Az alábbiakban egy lehetséges kiegészítő tevékenység olvasható az 5R szemlélet elmélyítésére.***

*A diákok párban vagy csoportokban dolgoznak. Ha van elegendő idő, akkor minden csoport dolgozik az alábbi összes (1.-5.) részfeladaton. Ha kevesebb idő áll rendelkezésre, akkor egy csoport csak egy részfeladatot old meg (a tanári utasítás tartalmazza, hogy melyik csoport melyiket), és a végén egyeztet az osztály. A feladat kinyomtatható szövegébe vastag, aláhúzott betűkkel már beírtuk a megoldásokat is. A nyomtatás előtt ezt természetesen törölni kell.*

*FELADAT: Az alábbi feladatok megoldása során a szöveg alapján azonosítanotok kell, hogy az 5R szemlélet melyik részéről van szó. Utána pedig példákat kell írnotok arra, hogy a saját életetekben hogyan tudnátok ezt megvalósítani.*

*1. Fontos, hogy csak olyan dolgokat vásárolj meg, amire ténylegesen szükséged van. A „majd csak jó lesz valamire” típusú vásárlás hosszabb távon csak a hulladék mennyiségét növeli.*

*Az „R” betűs szó:* ***Reduce.*** *Például:* ***A sokadik műanyag gyerekjáték megvásárlása.***

*2. Fontos, hogy szelektíven gyűjtsd a hulladékot! A fajtánként szétválogatott hulladéktárgyak alapanyagát használják fel különböző technológiai eljárások után, hogy egy másfajta tárgyat állítsanak belőle elő. Pl.: papír, fémek stb.*

*Az „R” betűs szó:* ***Recycle****. Például:* ***Szelektív gyűjtés otthon és az iskolában****.*

*3. Nem biztos, hogy el kell dobnod, ha már használtad! Az adott tárgyat általában megtisztítva ugyanarra a célra alkalmasak lehetnek még. Pl. betétdíjas üvegek, palackok.*

*Az „R” betűs szó:* ***Reuse.*** *Például:* ***PET- palackba víz töltése, nejlontáska használata többszöri vásárláshoz.***

*4. Tedd fel magadnak a kérdést, hogy amit eddig megvásároltál, használtál, biztosan szükséges-e. Lehet, hogy van olyan megoldás, ami jobban kíméli a környezetet. Érdemes a családdal is leülni, és átbeszélni otthon ezt a témát.*

*Az „R” betűs szó:* ***Rethink.*** *Például:* ***Eddig nejlonzacskót kértem a boltban, most viszek textilszatyrot.***

*5. Ha valami elromlik, ne dobd el rögtön! Nézd meg, lehet, hogy csak kis hibája van, meg lehet javítani. Sajnos a fogyasztói társadalom arra ösztönzi a vásárlókat, hogy újat vegyenek a javíttatás helyett.*

*Az „R” betűs szó:* ***Restore.*** *Például:* ***Régen a nejlonharisnya szemfelszedése.***

*Források (utolsó letöltések: 2019.09.01.):*

[*http://www.mindmeister.com/116772409/a-k-rnyezettudatos-magatart-s*](http://www.mindmeister.com/116772409/a-k-rnyezettudatos-magatart-s)

*Az 5R szemlélet kicsit másképpen:*

[*https://www.480.sk/hu/mit-jelent-az-5r/*](https://www.480.sk/hu/mit-jelent-az-5r/)

[*https://5randtzuchi.weebly.com/what-is-5r.html*](https://5randtzuchi.weebly.com/what-is-5r.html)

A hétköznapokban a műanyagokkal kapcsolatban használt megnevezések és elképzelések néha pontatlanok, sőt tévesek. Például a „nejlonzacskó” és a „nejlonharisnya” anyagai a műanyagok két teljesen más csoportjába tartoznak. Előállítási módjuk szerint ugyanis a **polimerizációs,** azaz **poliaddíciós** műanyagok telítetlen (kettős kötést tartalmazó) monomerek melléktermék nélküli összekapcsolódásával keletkeznek. A **polikondenzációs** műanyagok esetében viszont olyan kismolekulák a melléktermékek, mint pl. a víz (amely a reakció közben lecsapódik, azaz kondenzálódik). A nejlonharisnya tényleg nejlonból van, ami egy poliamid típusú műszál. Ennek a láncnak a képződésekor az aminocsoportok vízkilépés közben reagálnak a karboxilcsoportokkal, tehát ez **~~polimerizációs (poliaddíciós)/~~polikondenzációs** műanyag. A „nejlonzacskót” viszont polietilénből készítik. Írjátok fel az etén polimerizációjának egyenletét!

****

A „nejlonzacskó” anyaga tehát **polimerizációs (poliaddíciós)/~~polikondenzációs~~** műanyag.

Az újra divatos retró „bakelit lemez” elnevezés is tévedésen alapul. A **hőre keményedő** bakelitbe ugyanis nem lehet préselni semmit (tehát a lemezjátszó tűje által követhető barázdákat sem).[[27]](#footnote-27) Ezért erre a célra **hőre lágyuló** műanyagokat használnak, amelyek kinézetre valóban hasonlítanak a gyakran fekete színű bakelithez. A műanyagok e kétféle csoportja között az a különbség, hogy a **hőre ~~keményedő~~/lágyuló** műanyagokban a hosszú, láncszerű (egydimenziós) molekulák között csak viszonylag gyenge másodlagos kötések vannak, amelyek magasabb hőmérsékleten könnyen fölszakadnak. A **hőre keményedő/~~lágyuló~~** műanyagokban viszont kovalens kötésekkel összetartott térhálós (háromdimenziós) szerkezet alakul ki, és további hőhatásra a térhálósodás folytatódik.

A műanyaghulladékok **újrahasznosításának (R**ecycle! - Forgasd vissza!) egyik módja a hő hatására kisebb, új célokra felhasználható szerves molekulákra bontás (**pirolízis**). Azonban sajnos még manapság is nagyon sok műanyagot égetnek el. Ennek során üvegházhatású szén-dioxid és víz mindenképpen keletkezik, de egyes műanyagok esetében más káros termékek is kikerülhetnek a levegőbe, ha nem kötik meg őket. Így például a poli(vinil-klorid) (PVC) **égetés**ekor hidrogén-klorid keletkezik, ami savas esőt okoz. Írjatok javaslatot arra, vajon hogyan lehet a hidrogén-kloridot kémiai úton eltávolítani a füstgázokból!

**Pl. kalcium-karbonát, kalcium-oxid, kalcium-hidroxid, nátrium-karbonát, nátrium-hidrogén-karbonát segítségével, az alábbi egyenletek szerint:**

**CaCO3 + 2 HCl = CaCl2 + CO2 + H2O**

**CaO + 2 HCl = CaCl2 + H2O**

**Ca(OH)2 + 2 HCl = CaCl2 + 2 H2O**

**Na2CO3 + 2 HCl = 2 NaCl + CO2 + H2O**

**NaHCO3 + HCl = NaCl + CO2 + H2O**

*Forrás:*[kkft.bme.hu › attachments › article](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwiwmtuyhbPkAhVok4sKHVFgDI0QFjAAegQIABAC&url=http%3A%2F%2Fkkft.bme.hu%2Fattachments%2Farticle%2F38%2F6.%2520halog%25C3%25A9nezett%2520sz%25C3%25A9nhidrog%25C3%25A9nek_2.ppt&usg=AOvVaw1OkgTxX_2t6I5niox5YTjP) *(utolsó letöltés: 2019.09.01.)*

*Megjegyzés: Az alábbi linken elérhető tanulmány arról szól, hogy a műanyag hulladékból pirolízissel nyert kismolekulákból Diesel-olajat készítenek:*

[*https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544217307818*](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544217307818) *(utolsó letöltés: 2019.09.18.)*

[Csak az 1. és a 2. típusú csoportoknak!]

**1. Kísérlet:** A tálcátokon található két minta közül az egyik PVC, a másik polietilén. Fogjátok meg az 1. mintát az egyik csipesszel és tartsátok a homoktálba tett borszesz- vagy Bunsen-égő lángjába! (Vigyázzatok, hogy az esetleg megolvadó műanyag a homokra csöppenjen!) Közben a másik csipesszel tartsatok az égő műanyag fölé egy desztillált vízzel megnedvesített univerzális indikátorpapírt. Ismételjétek meg ezt a műveletet a 2. mintával!

**Tapasztalatok:**

1. minta: Magasabb hőmérsékleten **lágyult/~~keményedett~~**. A megnedvesített indikátorpapír **piros** színű.

2. minta: Magasabb hőmérsékleten **lágyult/k~~eményedett~~**. A megnedvesített indikátorpapír **sárga** színű.



A kísérlet tapasztalatai. Az alsó sorban középen a kontroll indikátorcsík van.

**Magyarázat:** 1. minta: A műanyagban **egydimenziós/~~háromdimenziós~~** molekulák vannak. Az égésekor erősen savas anyag **keletkezett/~~nem keletkezett~~**. 2. minta: A műanyagban **egydimenziós/~~háromdimenziós~~** molekulák vannak. Az égésekor erősen savas anyag **~~keletkezett~~/nem keletkezett**.

**Következtetés:** A **1.** számú minta anyaga PVC, mert molekulái láncszerűek, és égéstermékeit vízben oldva erős sav (sósav) keletkezik.

[Csak a 3. típusú csoportoknak!]

**1. Kísérlet:** A tálcátokon található két műanyagdarab közül az egyik PVC, a másik polietilén. Hogyan tudnátok megállapítani (a tálcátokon található eszközöket és anyagokat használva), hogy melyik minta a PVC? (Melyik műanyag okozhat **savas esőt**? Hogyan lehet ezt a helyzetet **modellezni**?) Írjátok le ide a kísérlet tervét!

**Mindkét mintát külön-külön lángba tartjuk, és égésükkor a láng fölé desztillált vízzel megnedvesített univerzális indikátorpapírt tartunk.**

**Tapasztalatok:**

1. minta: **Melegítés hatására megolvad, majd sárgás lánggal ég. Az indikátorpapír színe piros lesz.**

2. minta: **Melegítés hatására megolvad, majd sárgás lánggal ég. Az indikátorpapír színe nem változik.**

**Magyarázat és következtetés:**

**1. minta: A műanyagban egydimenziós molekulák vannak. Az égésekor erősen savas anyag keletkezett. 2. minta: A műanyagban egydimenziós molekulák vannak. Az égésekor erősen savas anyag nem keletkezett.**

A **1.** számú minta anyaga PVC, mert **a PVC égésekor keletkező HCl-gáz vizes oldatának kémhatása savas, amit az univerzális indikátor piros színnel jelez. Mivel melegítés hatására mindkét műanyag megolvad, a hőre lágyuló műanyagok csoportjába tartoznak.**

[Minden típusú feladatlapot megoldó csoportoknak!]

***Megjegyzés: Egy másik lehetséges kiegészítő tevékenység az alábbi feladat megoldása. Ez a műanyagok példáján a differenciált gondolkodást szorgalmazza.***

*FELADAT: A „viszkóz” neve is megtévesztő lehet, mert esetleg úgy hangzik, mintha teljes egészében a vegyipar terméke lenne. Pedig legtöbb esetben fa cellulózból készül, tehát* ***természetes/mesterséges alapú*** *műanyag. Ellentétben például a polietilénnel és a PVC-vel, amelyek kőolajból gyártott alapanyagokból készülnek, tehát* ***természetes/mesterséges alapú*** *műanyagok. A „*minden, ami természetes, az jó, és minden, ami mesterséges az rossz*” tévképzet alapján azt gondolhatnánk, hogy a viszkóz környezetbarátabb, mint a polietilén. Pedig ez nem csak az alapanyag eredetétől, hanem az előállítás technológiájától is függ, és régebben a viszkóz előállításához nagyon mérgező szén-diszulfidot használtak. Egy újabb eljárás szerencsére kiküszöbölte ezt.[[28]](#footnote-28)*

*MEGOLDÁS: A „viszkóz” neve is megtévesztő lehet, mert esetleg úgy hangzik, mintha teljes egészében a vegyipar terméke lenne. Pedig legtöbb esetben fa cellulózból készül, tehát* ***természetes/~~mesterséges alapú~~*** *műanyag. Ellentétben például a polietilénnel és a PVC-vel, amelyek kőolajból gyártott alapanyagokból készülnek, tehát* ***~~természetes/~~mesterséges alapú*** *műanyagok. A „*minden, ami természetes, az jó, és minden, ami mesterséges az rossz*” tévképzet alapján azt gondolhatnánk, hogy a viszkóz környezetbarátabb, mint a polietilén. Pedig ez nem csak az alapanyag eredetétől, hanem az előállítás technológiájától is függ, és régebben a viszkóz előállításához nagyon mérgező szén-diszulfidot használtak. Egy újabb eljárás szerencsére kiküszöbölte ezt.[[29]](#footnote-29)*

(*A pamut és a viszkóz összehasonlításához érdemes elolvasni, felhasználni a következő linken lévő forrást:* [*https://megruhazlak.blog.hu/2015/04/28/mi\_is\_az\_a\_viszkoz\_374*](https://megruhazlak.blog.hu/2015/04/28/mi_is_az_a_viszkoz_374)*)*

Egy túlzottan egyszerűsítő elképzelés szerint a biológiailag (tehát mikroorganizmusok által) lebontható (**biodegradábilis**) műanyagok jók, a többiek rosszak. A környezetbe kerülő, és akár évezredekig nem lebomló műanyag hulladék szennyező hatása kétségtelen. Az állati és emberi szervezetbe jutó, fölaprózódott műanyagrészecskék hosszú távú hatásai pedig még ismeretlenek. Igaz az is, hogy a politejsav[[30]](#footnote-30) például műtétek során igen alkalmas varrófonálnak, mert a szervezetben kb. 2 év alatt lebomlik. Egyre több területen alkalmazzák a jól komposztálható, kukoricakeményítőből készült műanyag zacskókat is. Azonban a műanyagok többségének egyik legkedvezőbb tulajdonsága éppen a **tartósság**. Ezért sajnos nem lehet mindegyik műanyag biodegradábilis. Ráadásul a használatuk utáni kezelés során is fölmerülnek problémák.

***Megjegyzés: Az alábbiakban egy lehetséges kiegészítő feladat olvasható.***

*FELADAT: A műanyagok nagy környezeti terhelése miatt napjainkban egyre kevesebb helyen adnak vásárláskor ingyen „nejlonszatyrot”. Egyre nagyobb „divatja” van a saját textilszatyornak, vagy a papírzacskóknak. Például a következő feliratú táskákkal is találkozhattok.:*

**

*Mi a véleményetek, műanyagtáskáról van-e szó, vagy nem? Indokoljátok döntéseteket!*

*Vitassátok meg a kérdést a csoportban vagy a padtársatokkal, és írjátok le álláspontotokat!*

*……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….……………*

*……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………..*

*MEGOLDÁS:* ***Természetes alapú műanyag, ami biodegradábilis. Műanyag, mivel a természetben található makromolekulás anyag (kukoricakeményítő) átalakításával állítható elő.***

*Megjegyzés: A nem biodegradábilis műanyagok hulladékából olyan olaj állítható elő, amelyből aztán újra műanyagokat lehet gyártani. Az autók kerekeinek használt gumiköpenyéből pedig kinyerik az acélt, illetve a gumiból újra olajat és kormot készítenek, amelyekből a folyamat végén ismét autókerékre való gumiköpeny lesz.*

*(Forrás:* [*https://www.kisalfold.hu/gyori\_hirek/korszakalkoto\_berendezes\_gyorben\_hulladekbol\_uzemanyagot\_majd\_aramot\_allit\_elo\_-\_video/2209453/*](https://www.kisalfold.hu/gyori_hirek/korszakalkoto_berendezes_gyorben_hulladekbol_uzemanyagot_majd_aramot_allit_elo_-_video/2209453/) *;* [*https://www.youtube.com/watch?v=Tk-F1ngghxA*](https://www.youtube.com/watch?v=Tk-F1ngghxA)

[*https://24.hu/tudomany/2019/06/19/szintetikus-uzemanyag-muanyagbol/*](https://24.hu/tudomany/2019/06/19/szintetikus-uzemanyag-muanyagbol/)

[*https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0019\_Ujrahasznositasi\_ismeretek/ch08s03.html*](https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0019_Ujrahasznositasi_ismeretek/ch08s03.html)*)*

Nem tartoznak a biológiailag lebomló kategóriába[[31]](#footnote-31)a nagy vízmegkötő képességű „**s**zuper**a**dszorbens **p**olimerek” („SAP”) sem.[[32]](#footnote-32) Mégis nélkülözhetetlenné váltak a papírpelenkákban, különböző betétekben és még virágföldbe keverve is a nedvesség megtartására. (Aki nem hiszi, gondoljon arra, milyen kevés kiömlött folyadékot lehet fölitatni pl. egy papírzsebkendővel!) Az interneten elérhető egyik tanulmányban ez olvasható: „*A cellulózból készült vatta 1 grammja átlagosan 12 g vizet képes megkötni, azonban az SAP 1 grammja képes lehet akár*

*1000 g víz adszorbeálására is*.[[33]](#footnote-33) A következő kísérletekben azt vizsgáljuk, hogy **a saját tömegüknek kb. hányszorosát** képesek megkötni a fenti esetekben a folyadékokból a tálcátokon lévő, főként térhálósított nátrium-poliakrilátból készült SAP műanyag szemcsék.

 [Csak az 1. és a 2. típusú csoportoknak!]

**2. Kísérlet:** Az egyik főzőpohárban 0,10 g tömegű SAP műanyag szemcse van. Öntsétek hozzá a másikban lévő 100 cm3 desztillált vizet és kevergessétek kb. 5 percig. Tegyétek a mérőhengert a tölcsér alá. A keletkezett gélt addig szűrjétek a tölcsérbe helyezett szűrőpapíron, amíg már fél perc alatt nem csöppen újabb folyadékcsepp a mérőhengerbe. (Ez kb. 8-10 percig tart. Ez alatt elolvashatjátok az alábbi, 3. Kísérlettel kapcsolatos feladatot.) Mérjétek meg a mérőhengerrel[[34]](#footnote-34) a lecsöpögött és a főzőpohárban összegyűlt folyadék térfogatát.

**Tapasztalat:** Kb. **65** cm3 folyadék csöpögött le a tölcsérről és gyűlt össze az alatta lévő mérőhengerben.

**Magyarázat:** Az SAP kb. **35** cm3, azaz kb. **35** g desztillált vizet kötött meg. Ez a saját tömegének kb. **350**-szorosa. Ez azért lehetséges, mert a gélbe zárt nátriumionok nagy mennyiségű vizet tudnak megkötni a hidrátburkukban.

*Megjegyzések:*

* *A mérési eredményeket befolyásolhatja, hogy milyen SAP-rel dolgozunk, mennyi vizet köt meg a szűrőpapír, és mennyi ideig végezzük a szűrést. A megadott számadatok csak tájékoztatnak a várható eredményről. Az irodalomban 200-400-szoros megkötésről lehet olvasni. A tökéletes eljárás szerint a mérést addig kellene ismételni úgy, hogy a diákok egyre növekvő időtartamokon át kevergetik a vizes SAP-t, amíg az utolsó két mérés eredménye a becsülhető hibahatáron belül megegyezik. (Ez a „tömegállandóságig szárítás” fordítottja lenne.) Idő és eszközök hiányában ez itt nem kivitelezhető, de érdemes erre fölhívni a diákok figyelmét.)*

 

nátrium-poliakrilát poliakrilsav

* *A lenti ábra szemlélteti a gél szerkezetét és a duzzadás mechanizmusát. A kötött ionos állapotú funkciós csoportok (nagyobb ionkoncentráció) miatt a külső térből a polimer belsejébe vándorol a víz. Ott az ozmózisnyomás kiegyenlítődéséig növekedne a víz mennyisége (csökkenne az ionkoncentráció, amíg a külső és belső tér ionkoncentrációi azonosakká nem válnak), azonban a gél térhálós szerkezete megakadályozza a végtelen duzzadást, tehát az ozmózisnyomás és a gélmodulus egyensúlyának bekövetkezéséig nő a gélben a víz mennyisége.”[[35]](#footnote-35)*



*Megjegyzés: Ezek a gélek ioncserélők is egyben, ezért kemény vízben (csapvízben) áztatva a kalcium- és magnéziumionok lecserélik a nátriumionokat és úgy a gél egyre kevesebb vizet tud megkötni. Tömény sóoldatban való áztatással regenerálni lehet őket. Hasonló anyagból készülnek a mágikus halacskák is (Fortune Teller), melyek a tenyérből történő kipárolgás hatására mozognak, és pl. alkalmasak a bőr hidratáltságának szemléltetésére is.*

[Csak a 3. típusú csoportoknak!]

**2. Kísérlet:** A tálcátokon az egyik főzőpohárban 0,10 g tömegű SAP műanyag szemcse van, a másikban pedig 100 cm3desztillált víz, ami a SAP tömegének ezerszerese. Hogyan tudnátok meghatározni (a tálcátokon található eszközöket és anyagokat használva), hogy a saját tömegének kb. hányszorosát képes megkötni a desztillált vízből ez a SAP? Milyen folyadékokat **modellez ebben a kísérletben a desztillált víz**? Írjátok le ide a kísérlet tervét!

**A desztillált vizet ráöntjük a SAP-ra, majd addig kevergetjük, amíg már nem látunk változást. Utána a mérőhengert a tölcsér alá tesszük. A gélt beleöntjük a tölcsérbe, és addig szűrjük, amíg már sokáig nem csöppen le folyadék a mérőhengerbe.**

**Tapasztalat: Kb. 65 cm3 folyadék csöpögött le a tölcsérről és gyűlt össze az alatta lévő mérőhengerben.**

**Magyarázat és következtetés: A SAP kb. 35 cm3, azaz kb. 35 g desztillált vizet kötött meg. Ez a saját tömegének kb. 350-szorosa.**

Ez azért lehetséges, mert a gélbe zárt nátriumionok nagy mennyiségű vizet tudnak megkötni a hidrátburkukban.

 [Csak az 1. és a 2. típusú csoportoknak!]

**3. Kísérlet:** Érdekes kérdés az is, hogy a szuperadszorbensek vajon desztillált vízből vagy vizes oldatokból (pl. vizelet, vér, öntözővíz) tudnak-e többet megkötni. Ha az oldott anyagokat egyszerűen konyhasóval (NaCl) helyettesítjük, akkor ezt is megvizsgálhatjuk. A szűrőpapíron maradt gélhez adjátok hozzá a tálcátokon található (kb. 1 g) konyhasót, és óvatosan keverjétek meg. Jegyezzétek le, mi történt és próbáljatok rá magyarázatot adni.

**Tapasztalat:** Kb. **23** cm3 folyadék csöpögött le a tölcsérről és gyűlt össze az alatta lévő mérőhengerben.

**Magyarázat: A gélen kívüli oldatban lévő nátriumionoknak is szükségük van hidrátburokra. Ezért kivonják a a gélből a víz egy részét. Ha a SAP eleve nem tiszta vízzel, hanem valamilyen oldattal, például vérrel vagy vizelettel kerül érintkezésbe, kevesebb folyadékot tud megkötni, mint a desztillált vízzel való érintkezéskor.**

 [Csak a 2. típusú feladatlapot megoldó csoportoknak!]

Ezen a feladatlapon úgynevezett „**modellkísérleteket**” végeztetek. Az 1. Kísérletben az univerzális indikátorpapír megnedvesítésekor a **desztillált víz a csapadékot (esőt) modellezte**. A 2. Kísérlet során a SAP által **felszívandó folyadékokat** is egyszerűen **desztillált vízzel modelleztük**. A tölcsérben lévő szűrőpapír **helyettesítette** pl. a pelenkának vagy az intim betétnek azt a külső részét, amelyben a SAP szemcséket elhelyezik. A 3. Kísérletben a megduzzadt SAP szemcsékhez adott **konyhasóval modelleztük** a valóságban megkötendő folyadékokban (vizelet, vér, öntözővíz) lévő **oldott anyagokat**, amelyek a 2. Kísérletben lévő desztillált vízből hiányoztak. **Jobb lett volna a valóságos alkalmazásokat modellező kísérlet**, ha a 2. Kísérletet eleve olyan **konyhasó-oldattal** végeztük volna el, amely a **vízvisszatartás szempontjából a modellezendő folyadékhoz hasonlóan** viselkedik.

*Megjegyzés: Ha a virágra, aminek a földjében SAP van, eső esik, azt jól modellezi a 2. Kísérletben használt desztillált víz. Ha viszont vért kell megkötnie az intim betétben, annak az ozmózisnyomása az izotóniás sóoldatéval azonos. Azonban az öntözővíznek és a vizeletnek nem azonos az ozmózisnyomása az izotóniás sóoldatéval.*

[Csak a 3. típusú feladatlapot megoldó csoportoknak!]

**3. Kísérlet:** Vajon desztillált vízből vagy egyéb vizes oldatokból képes-e a SAP többet megkötni? A tálcátokon található anyagok közül mivel tudnátok a SAP által fölszívandó folyadékokban (vizelet, vér, öntözővíz) **lévő oldott anyagokat modellezni**? Mit kellene vele tenni a kérdés megválaszolásához? Írjátok le ide a kísérlet tervét!

**1. ötlet: Újra elvégeznénk a kísérletet, de 100 cm3 konyhasóoldattal.**

**2. ötlet: Ha nincs több eszköz és anyag, akkor a szűrőpapíron fennmaradt SAP gélhez NaCl-ot keverünk, és megnézzük, csöpög-e ki víz belőle, és mennyi.**

**Tapasztalatok**: **A gélből további folyadék csöpög ki.**

**Magyarázat: A gélen kívüli oldatban lévő nátriumionoknak is szükségük van hidrátburokra. Ha a SAP eleve nem tiszta vízzel, hanem valamilyen oldattal, például vizelettel kerül érintkezésbe, kevesebb folyadékot tud megkötni, mint a desztillált vízzel való érintkezéskor.**

**Jobb lett volna a valóságos alkalmazásokat modellező kísérlet**, ha a 2. Kísérletet eleve olyan **konyhasó-oldattal** végeztük volna el, amely a **vízvisszatartás szempontjából a modellezendő folyadékhoz hasonlóan** viselkedik.

*Megjegyzés: [Mindhárom csoport által végezhető otthoni kutatómunka]*

*Egyre gyakoribb a „BPA free”**felirat a műanyag termékeken. Ezzel kapcsolatos az alábbi feladat.*

*FELADAT: Nézzetek utána a következőknek!*

*Mit jelent a BPA rövidítés?*

*Egyes kutatások szerint mi a probléma BPA nevű vegyülettel?*

*Keressetek a környezetetekben olyan termékeket, amelyeken a „BPA free” embléma látható!*

*MEGOLDÁS:*

*Mit jelent a BPA rövidítés?*

***A biszfenol A (röviden BPA)*** [***képlete***](https://hu.wikipedia.org/wiki/K%C3%A9miai_k%C3%A9plet) ***(CH3)2C(C6H4OH)2.***

**

*Egyes kutatások szerint mi a probléma ezzel a vegyülettel?*

***„A BPA kitettség tudományos kutatások alapján felelőssé tehető*** [***rákos megbetegedésekért***](https://hu.wikipedia.org/wiki/R%C3%A1k_%28betegs%C3%A9g%29) ***(***[***prosztata***](https://hu.wikipedia.org/wiki/Prosztata)***- és mellrák),*** [***cukorbetegség***](https://hu.wikipedia.org/wiki/Cukorbetegs%C3%A9g) ***kialakulásáért,*** [***pajzsmirigy***](https://hu.wikipedia.org/wiki/Pajzsmirigy)***-zavarokért, szívbetegségekért, asztmáért, pajzsmirigy rendellenességekért, továbbá hormonális zavarokért, mint például korai serdülésért,*** [***elhízásért***](https://hu.wikipedia.org/wiki/Elh%C3%ADz%C3%A1s)***,*** [***meddőségért***](https://hu.wikipedia.org/wiki/Medd%C5%91s%C3%A9g)***, emellett születési rendellenességekért, az*** [***agyi***](https://hu.wikipedia.org/wiki/Agy) ***fejlődés rendellenességeiért és viselkedési zavarokért”***

*Források (utolsó letöltés: 2019.09.01.):*

[*https://hu.wikipedia.org/wiki/Biszfenol\_A*](https://hu.wikipedia.org/wiki/Biszfenol_A)

[*https://okospalack.hu/mi-az-a-bpa-mentes*](https://okospalack.hu/mi-az-a-bpa-mentes)

[*http://picibaba.hu/pocakkal/pocakos\_szotar/mi-az-a-bpa-free*](http://picibaba.hu/pocakkal/pocakos_szotar/mi-az-a-bpa-free)

*Két példa a BPA free emblémára:*

* *

*vizes palack gyerek gyurma*

1. A feladatlapokon szereplő 2. kísérlet kivitelezési módja a következő forrásból származik: Finlayson, O., Maciejowska, I., Čtrnáctová, H., (2015), Inquiry Based Chemistry Instruction, In: Maciejowska, I. & Byers, B. (eds.) A Guidebook of Good Practice for the Pre-Service Training of Chemistry Teachers (p. 119), Faculty of Chemistry, Jagiellonian University, Krakow, <http://www.ec2e2n.info/news/2015/1604_201510> (Utolsó látogatás: 2019.08.27.) [↑](#footnote-ref-1)
2. <https://marieclaire.hu/eletmod/2019/06/15/pet-palack-mentes-lesz-a-tisza-to/> (Az internetes oldalak utolsó megtekintése: 2019.09.01.) [↑](#footnote-ref-2)
3. Heti Világgazdaság, 2019. 08. 22, 21. old. (<https://hvg.hu/hetilap/2019.34/201934_muho_azeszakisarkon_sokkolo_adatok>) [↑](#footnote-ref-3)
4. [https://hu.wikipedia.org/wiki/Bakelit\_(m%C5%B1anyag)](https://hu.wikipedia.org/wiki/Bakelit_%28m%C5%B1anyag%29) [↑](#footnote-ref-4)
5. <https://hu.wikipedia.org/wiki/Politejsav> [↑](#footnote-ref-5)
6. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjb9L3B26TkAhWIb1AKHSKtBBcQFjAAegQIAxAC&url=http%3A%2F%2Fwww.inc.bme.hu%2Fhu%2Fsubjects%2Fbiokomp%2Feload4.ppt&usg=AOvVaw1dGLQ04U82TwW86VXRYZWU> [↑](#footnote-ref-6)
7. <http://www.ttk.mta.hu/aki/wp-content/uploads/sites/2/2018/06/Polimerek.pdf> [↑](#footnote-ref-7)
8. <https://quattroplast.hu/muanyagipariszemle/2006/02/szuperabszorbens-polimerek-sap-01.pdf> (Az idézett szövegben „abszorpció” szerepel, amelyet „adszorpció”-ra javítottunk, az „egy grammja” kifejezést pedig „1 grammja”-ra.) [↑](#footnote-ref-8)
9. Ha nem áll rendelkezésre mérőhenger, helyette olyan főzőpohár is használható, amelynek a falán van beosztás, mert akkor a megkötött víz térfogata annak alapján is megbecsülhető. [↑](#footnote-ref-9)
10. <https://marieclaire.hu/eletmod/2019/06/15/pet-palack-mentes-lesz-a-tisza-to/> (Az internetes oldalak utolsó megtekintése: 2019.09.01.) [↑](#footnote-ref-10)
11. Heti Világgazdaság, 2019. 08. 22, 21. old. (<https://hvg.hu/hetilap/2019.34/201934_muho_azeszakisarkon_sokkolo_adatok>) [↑](#footnote-ref-11)
12. [https://hu.wikipedia.org/wiki/Bakelit\_(m%C5%B1anyag)](https://hu.wikipedia.org/wiki/Bakelit_%28m%C5%B1anyag%29) [↑](#footnote-ref-12)
13. <https://hu.wikipedia.org/wiki/Politejsav> [↑](#footnote-ref-13)
14. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjb9L3B26TkAhWIb1AKHSKtBBcQFjAAegQIAxAC&url=http%3A%2F%2Fwww.inc.bme.hu%2Fhu%2Fsubjects%2Fbiokomp%2Feload4.ppt&usg=AOvVaw1dGLQ04U82TwW86VXRYZWU> [↑](#footnote-ref-14)
15. <http://www.ttk.mta.hu/aki/wp-content/uploads/sites/2/2018/06/Polimerek.pdf> [↑](#footnote-ref-15)
16. <https://quattroplast.hu/muanyagipariszemle/2006/02/szuperabszorbens-polimerek-sap-01.pdf> (Az idézett szövegben „abszorpció” szerepel, amelyet „adszorpció”-ra javítottunk, az „egy grammja” kifejezést pedig „1 grammja”-ra.) [↑](#footnote-ref-16)
17. Ha nem áll rendelkezésre mérőhenger, helyette olyan főzőpohár is használható, amelynek a falán van beosztás, mert akkor a megkötött víz térfogata annak alapján is megbecsülhető. [↑](#footnote-ref-17)
18. https://marieclaire.hu/eletmod/2019/06/15/pet-palack-mentes-lesz-a-tisza-to/; utolsó megtekintés: 2019. 09. 01. [↑](#footnote-ref-18)
19. Heti Világgazdaság, 2019. 08. 22, 21. old. (<https://hvg.hu/hetilap/2019.34/201934_muho_azeszakisarkon_sokkolo_adatok>) [↑](#footnote-ref-19)
20. [https://hu.wikipedia.org/wiki/Bakelit\_(m%C5%B1anyag)](https://hu.wikipedia.org/wiki/Bakelit_%28m%C5%B1anyag%29) [↑](#footnote-ref-20)
21. <https://hu.wikipedia.org/wiki/Politejsav> [↑](#footnote-ref-21)
22. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjb9L3B26TkAhWIb1AKHSKtBBcQFjAAegQIAxAC&url=http%3A%2F%2Fwww.inc.bme.hu%2Fhu%2Fsubjects%2Fbiokomp%2Feload4.ppt&usg=AOvVaw1dGLQ04U82TwW86VXRYZWU> [↑](#footnote-ref-22)
23. <http://www.ttk.mta.hu/aki/wp-content/uploads/sites/2/2018/06/Polimerek.pdf> [↑](#footnote-ref-23)
24. <https://quattroplast.hu/muanyagipariszemle/2006/02/szuperabszorbens-polimerek-sap-01.pdf> (Az idézett szövegben „abszorpció” szerepel, amelyet „adszorpció”-ra javítottunk, az „egy grammja” kifejezést pedig „1 grammja”-ra.) [↑](#footnote-ref-24)
25. https://marieclaire.hu/eletmod/2019/06/15/pet-palack-mentes-lesz-a-tisza-to/; utolsó megtekintés: 2019. 09. 01. [↑](#footnote-ref-25)
26. Heti Világgazdaság, 2019. 08. 22, 21. old. (<https://hvg.hu/hetilap/2019.34/201934_muho_azeszakisarkon_sokkolo_adatok>) [↑](#footnote-ref-26)
27. [https://hu.wikipedia.org/wiki/Bakelit\_(m%C5%B1anyag)](https://hu.wikipedia.org/wiki/Bakelit_%28m%C5%B1anyag%29) [↑](#footnote-ref-27)
28. <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/konnyuipar/ruha-es-textilipari-szakmai-ismeret/a-viszkoz-es-az-acetat-gyartasa/viszkoz-es-acetat-eloallitasa> [↑](#footnote-ref-28)
29. <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/konnyuipar/ruha-es-textilipari-szakmai-ismeret/a-viszkoz-es-az-acetat-gyartasa/viszkoz-es-acetat-eloallitasa> [↑](#footnote-ref-29)
30. <https://hu.wikipedia.org/wiki/Politejsav> [↑](#footnote-ref-30)
31. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjb9L3B26TkAhWIb1AKHSKtBBcQFjAAegQIAxAC&url=http%3A%2F%2Fwww.inc.bme.hu%2Fhu%2Fsubjects%2Fbiokomp%2Feload4.ppt&usg=AOvVaw1dGLQ04U82TwW86VXRYZWU> [↑](#footnote-ref-31)
32. <http://www.ttk.mta.hu/aki/wp-content/uploads/sites/2/2018/06/Polimerek.pdf> [↑](#footnote-ref-32)
33. <https://quattroplast.hu/muanyagipariszemle/2006/02/szuperabszorbens-polimerek-sap-01.pdf> (Az idézett szövegben „abszorpció” szerepel, amelyet „adszorpció”-ra javítottunk, az „egy grammja” kifejezést pedig „1 grammja”-ra.) [↑](#footnote-ref-33)
34. Ha nem áll rendelkezésre mérőhenger, helyette olyan főzőpohár is használható, amelynek a falán van beosztás, mert akkor a megkötött víz térfogata annak alapján is megbecsülhető. [↑](#footnote-ref-34)
35. <https://quattroplast.hu/muanyagipariszemle/2006/02/szuperabszorbens-polimerek-sap-01.pdf> (7. oldal) [↑](#footnote-ref-35)