

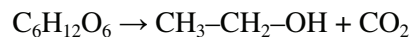
## **Domáce experimenty**

## EXP-1 Fermentácia

V súčasnosti sa stále častejšie stretávame s využitím biotechnológie. Biotechnologické postupy sa používajú na spracovanie a recykláciu surovín, produkciu liečiv, ale aj na výrobu a úpravu potravín. Napriek tomu, že priemyselné biotechnologické postupy používajú zložité zariadenia, s niektorými jednoduchými sa môžeme stretnúť aj v domácnostiach. Azda najbežnejším biotechnologickým postupom je príprava kysnutého cesta. Bez neho by mamy nevedeli pripraviť také dobroty, ako sú parené buchty alebo slivkový koláč. Iste ste si všimli, že tajomstvo prípravy kysnutého cesta spočíva v použití kvasníc. Pri riešení nasledujúcich úloh sa podrobnejšie oboznámite s týmto procesom z biologického, chemického a fyzikálneho hľadiska.

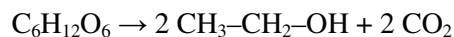
### Úloha č. 1

Kvasnice sa do cesta pridávajú preto, lebo pri svojom metabolizme produkujú oxid uhličitý. Bublínky tohto plynu robia cesto ľahším a mäkším. Cesto pri tomto procese zväčšuje svoj objem a neraz pri nepozornosti „ujde“ z misky. Odkiaľ sa ale  $\text{CO}_2$  berie? Vzniká pri trávení potravy kvasnicami. A čo majú kvasnice najradšej? Cukor, presnejšie glukózu  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ . Mnohé gazdinky si z kvasníc najprv pripravlia kvások. Kvasnice rozpustia v troške vody alebo mlieka a pridajú cukor, na ktorom sa kvasnice krmia. U nás bežný repný cukor obsahuje hlavne sacharózu (disacharid zložený z glukózy a fruktózy), kvasnice sú však vyzbrojené enzýmami, ktoré dokážu cukry rozštiepiť a premeniť na glukózu. Chemické reakcie pri trávení cukru v kvasniciach sú zložité, konečnými produktmi rozkladu cukru sú však etanol ( $\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--OH}$ ) a  $\text{CO}_2$ . Schematicky môžeme rozklad glukózy vyjadriť rovnicou



*Predchádzajúca rovnica nie je vyvážená. Doplňte správne počty molekúl (resp. mólov) vchádzajúce do reakcie a vychádzajúce z nej.*

### Riešenie



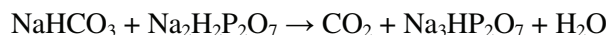
### Úloha č. 2

Kysnutie cesta trvá nejaký čas. V dnešnej uponáhľanej dobe sa preto často používa náhrada – prášok do pečiva.

*Aká chemikália sa používa v prášku na pečenie? Aká reakcia a v ktorej fáze prípravy torty sa využíva? Ktoré plyny spôsobujú vznik bublínok v ceste?*

### Riešenie

V práškoch do pečiva sa najčastejšie používa hydrogén uhličitý sodný  $\text{NaHCO}_3$  (sóda bikarbóna) a pyrofosforečnan sodný  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ . Po ich zmiešaní vo vlhkom prostredí prebehne reakcia



Pri reakcii sa uvoľňuje oxid uhličitý, ktorý tvorí v ceste bublinky. Na trhu sú aj iné druhy práškov do pečiva, ktoré obsahujú iné chemikálie. Všetky však fungujú na podobnom princípe.

S procesmi prebiehajúcimi pri kysnutí sa oboznámite aj prakticky. Najprv si v potravinách kúpte dve kocky kvasníc. Ďalej budeme potrebovať 0,5 l plastovú fľašku. Ak takú doma nemáte, kúpte si v potravinách napríklad minerálku alebo ovocnú šťavu. V potravinách kúpte tiež tenké mikroténové vrecká (napríklad s rozmermi 20 × 30 cm alebo aj mierne menšie), pokiaľ sa u vás doma také nenachádzajú. Bude vám stačiť jedno vrecko.

Doma môžete začať s experimentom. Jednu kocku kvasníc rozpustite v 1 dl vlažnej vody a pridajte jednu kopcovitú kávovú lyžičku cukru. Dobre rozmiešajte.

### Úloha č. 3

Zistíte, akú hmotnosť má cukor, ktorý ste pridali do vody. Ak nemáte doma dostatočne citlivé váhy, odvážite väčšie množstvo (napr. 20 alebo 100) kopcovitých lyžičiek cukru a nameranú hmotnosť vydeľte počtom lyžičiek.

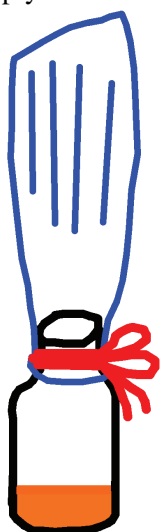
#### Riešenie

Po odvážení 100 lyžičiek cukru zistíme, že hmotnosť cukru v jednej doplna naplnenej lyžičke je napríklad 9 g.

### Úloha č. 4

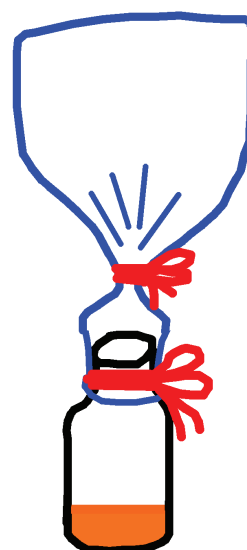
Ďalej uvedeným postupom pripravte kvások a zachyťte vyprodukovaný plyn.

Pripravenú kvapalinu vlejte do 0,5 l fľašky. Na hrdlo fľaše nasadíte mikroténové vrecko a dobre ho priviažte niekoľkými závitmi tenkého špagátika (obr. 1). Vrecko nechajte „splasnuté“, aby v ňom nebolo veľa vzduchu. Špagátik dobre utiahnite, aby medzerou medzi vreckom a fľašou nemohol unikáť plyn.



Fľašku potom položte na teplé miesto (30 – 40 °C), napríklad na mierne teplý radiátor alebo k jeho blízkosti. Ak máte modernú elektrickú rúru, nastavte program pre kysnutie kvasníc (teplota 35 °C) a umiestnite fľašku do rúry. Po chvíľke sa začne proces kvasenia a vznikajúci CO<sub>2</sub> začne tvoriť na povrchu kvapaliny penu. *Poznačte si čas od zamiešania tekutiny, kedy ste na povrchu spozorovali vznik peny.*

Po niekoľkých minútach sa kvasenie zrýchli a vrecko sa začne nafukovať vznikajúcim plynom. Keď už bude pomerne plné (ale nie úplne nafúknuté), uzavrite vrecko druhým špagátikom tesne nad hrdlom fľašky (obr.2). *Poznačte si čas ukončenia experimentu.* Po uzavretí balónika môžete odviazať spodný špagátik a uvoľniť tak vrecko od fľašky. Vo vrecku máte „uväznený“ plyn vzniknutý v procese kvasenia.



Obrázok 1

Obrázok 2

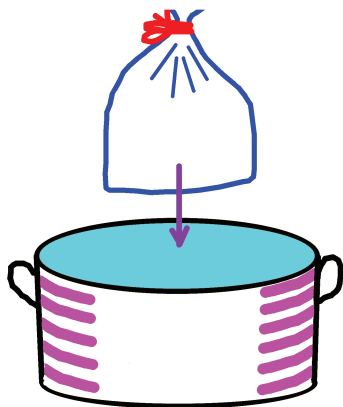
#### Riešenie

Typický čas potrebný na nafúknutie vrecka je 20 minút.

### Úloha č. 5

Ďalej uvedeným postupom odmerajte objem vyprodukovaného plynu.

Objem vrecka s plynom môžeme zmerať pomerne jednoducho. Budeme k tomu potrebovať hrniec, do ktorého sa nafúknuté vrecko zmestí. Hrniec najprv naplníme úplne po okraj vodou. *Zmerajte teplomerom jej teplotu.* Vrecko potom ponorte do vody, pričom prebytočná voda z hrnca vytečie. Musíte ponoriť celé vrecko – v prípade potreby použijete napríklad lyžicu alebo sitko (obr. 3).



Množstvo vytečenej vody (teda objem vyprodukovaného CO<sub>2</sub>) zistíme tak, že vrecko vytiahneme z vody a pomocou

Obrázok 3



Obrázok 4

odmerky (vaša mama určite jednu má) doplníme vodu v hrnci opäť doplna (obr. 4). Ak ste na ponorenie vrecka použili lyžicu alebo sitko, nechajte ich v hrnci. *Poznačte si množstvo pridanej vody, čiže zmerané množstvo vyprodukovaného CO<sub>2</sub>.*

Objem plynu však závisí od jeho teploty a tlaku. Preto sa objem plynu udáva za tzv. normálnych podmienok (teplota 0 °C a tlak 101,3 kPa). Objem plynu je priamoúmerný absolútnej teplote plynu (udáva sa v Kelvinoch) a nepriamoúmerný tlaku plynu. Vzhľadom k presnosti vášho merania objemu nemá prepočet na normálne podmienky veľký význam. Napriek tomu *prepočítajte nameraný objem plynu na teplotu 0 °C = 273,15 K.*

### **Riešenie**

Vo vrečku sa zachytí obvykle 0,7 l plynu. Teplota vody z vodovodu nech je napríklad 20 °C. Objem ideálneho plynu je priamoúmerný absolútnej teplote plynu (meria sa v Kelvinoch). Pri 0 °C by zachytený plyn zaberol objem  $0,7 \text{ l} \cdot (273,15 + 0) \text{ K} / (273,15 + 18) \text{ K} = 0,66 \text{ l}$ .

### **Úloha č. 6**

*Je známe, že jeden mól ideálneho plynu zaberá za normálnych podmienok objem 22,4 l. Koľko mólov CO<sub>2</sub> ste zachytili vo vrečku?*

### **Riešenie**

Počet zachytených mólov plynu určíme z úmery

$$n(\text{CO}_2) = 1 \text{ mol} \cdot 0,66 \text{ l} / 22,4 \text{ l} = 0,03 \text{ mol}$$

### **Úloha č. 7**

*V úlohe č. 2 ste získali vyváženú rovnicu opisujúcu premenu cukru pri fermentácii. Koľko mólov glukózy sa premenilo pri vyprodukovaní vami zachyteného plynu? Koľko to je gramov?*

### **Riešenie**

Z rovnice vidíme, že jeden mól glukózy vyprodukuje dva móly oxidu uhličitého. Spotrebovali sme teda  $0,03 \text{ mol} / 2 = 0,015 \text{ mol}$  glukózy. Molekulová hmotnosť glukózy  $M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)$  je  $6 \cdot 12 + 12 \cdot 1 + 6 \cdot 16 = 180 \text{ g/mol}$ . Spotrebovali sme teda glukózu s hmotnosťou  $m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 0,015 \text{ mol} \cdot 180 \text{ g/mol} = 2,7 \text{ g}$ .

Počas fermentácie stúpa v roztoku koncentrácia alkoholu. Čoskoro sa takéto prostredie stane pre kvasnice jedovatým a proces fermentácie sa zastaví. Ak by aj fermentácia prebiehala stále rovnako rýchlo, ako pri vašom experimente, čoskoro by sa minul cukor, vyhladované kvasnice by zahynuli a fermentácia by skončila.

### **Úloha č. 8**

*Ak by fermentácia prebiehala stále rovnako rýchlo, ako pri vašom experimente (dobu zachytávania uvoľneného plynu máte poznačenú), za ako dlho by sa spotreboval všetok cukor, ktorý ste dali do kvásku? Predpokladajte, že hmotnosť glukózy vytvorenej z cukru je rovnaká, ako hmotnosť nerozštiepeného cukru. Aký objem CO<sub>2</sub> by sa vyprodukoval pri premene všetkého cukru, ktorý ste dali do kvásku?*

### **Riešenie**

Ak sme za 20 minút spotrebovali 2,7 g cukru, všetok cukor (9 g) by sme spotrebovali za  $20 \text{ min} \cdot 9 \text{ g} / 2,7 \text{ g} = 66 \text{ min}$ , teda asi za hodinu.

Podobne, ak sme z 2,7 g cukru vyprodukovali plyn s objemom 0,7 l, z 9 g cukru by vznikol plyn s objemom  $0,7 \text{ l} \cdot 9 \text{ g} / 2,7 \text{ g} = 2,3 \text{ l}$ .

Vidíme, že objem cesta sa veľmi zvýši a pri nepozornosti sa ani nemusí zmestiť do nádoby, v ktorej sme ho pripravili!

## EXP-2 Antokyány – kúzelné farbivá

Denne sa stretávame s množstvom zaujímavých predmetov a javov. Niektoré z nich dávajú svoju výnimočnosť okato najavo, iné nás tichučko mňajú bez toho, aby sme si ich výnimočnosť všimli. V tohtoročnej úlohe „domáceho kola“ súťaže IJSO Vám predstavíme jednu s takýchto zvláštnych rastlín – červenú kapustu. Ako zistíte, okrem vynikajúcej prílohy k pečenému kuriatku môže poslúžiť aj ako pomôcka k zaujímavým pokusom z fyziky, chémie aj biológie. To, čo robí pre nás kapustu zaujímavou, je jej farba, presnejšie v kapuste obsiahnuté farbivá – antokyány.

Pri vypracovaní riešenia nám opíšete, ako ste riešili jednotlivé úlohy a čo ste zistili. Nezabudnite tiež zodpovedať na všetky otázky, ktoré sa v texte k úlohám vyskytli.

### Čo budete potrebovať?

V prvom rade budete potrebovať malú hlávku červenej kapusty, alebo aspoň zopár jej listov, najlepšie z povrchu hlávky (sú najviac sfarbené). Ďalej budete potrebovať asi 2 dl bežného kvasného octu (asi ho máte aj doma v 8 % koncentrácii, lebo ho občas treba pri varení, a predáva sa v potravinách). Ešte budete musieť navštíviť aj drogeriu, kde si kúpte najmenšie balenie sódy (niekedy sa používa ako prídavok do prania na zmäkčenie vody). Ak sa Vám nepodarí sódu kúpiť, nevádi. Iba o trochu horšie Vám poslúži aj niekoľko lyžičiek sódy bikarbóny, ktorá sa predáva v potravinách a používa sa ako prísada do cesta na koláče a zákusky. Ďalej si kúpte plochú 4,5 V batériu alebo miesto nej môžete použiť aj iný napäťový zdroj s podobným napätím.

Ostatné veci, ktoré budete potrebovať, nájdete pravdepodobne doma: žiletku alebo skalpel, asi 0,5 m tenkého medeného alebo hliníkového drôtu, jednu ceruzku s klasickou grafitovou tuhou, sadu malých (asi 0,5 dl alebo 0,1 dl) pohárikov, papierovú vreckovku a kuchynskú soľ.

Pri niektorých úlohách budete potrebovať mikroskop a ampérmeter – tu vám pomôžu učitelia vo vašej škole. Ak sa k týmto prístrojom nebudete môcť dostať, nezúfajte. V príslušnej časti riešenia nám to napíšete a odpovede na príslušné otázky sa pokúste nájsť v encyklopédiách a učebniciach.

### Pátrame po antokyánoch v kapuste

V prvej časti sa pokúsime nájsť, kde sú antokyány v kapuste skryté. Taktiež skúsime zistiť, čo sa s farbivami deje v kyslom (ocot) a zásaditom (sóda alebo sóda bikarbóna) prostredí.

Pripravte si čo najtenší mikroskopický preparát z kapustného listu. Na podložné sklíčko ho dajte do kvapky čistej vody a prikryte ho krycím sklíčkom. Pozorujte bunky kapusty, ktoré obsahujú farbivo a svoje pozorovanie zakreslite.

*Rada:* Ak nenájdete lepší spôsob, sú dve metódy, ako získať tenký preparát vhodný pre mikroskopické pozorovanie. Jednou možnosťou je urobiť žiletkou tenký rez naprieč kapustným listom. Druhou možnosťou je narezať kúsok listu „pozdĺžne“ tak, že na jednej strane rezu je vrchná strana listu a na druhej strane rezu spodná. Prstami alebo pomocou pinzety potom oddiaľte vrchnú a spodnú časť listu. Ak sa všetko podarí, list sa rozlúpe a jeden z kúskov sa bude postupne stenčovať, až na jeho konci budú iba povrchové bunky listu.

#### Otázky

*Kde sa farbivo nachádza? Je v medzibunkových priestoroch, alebo v bunkách?*

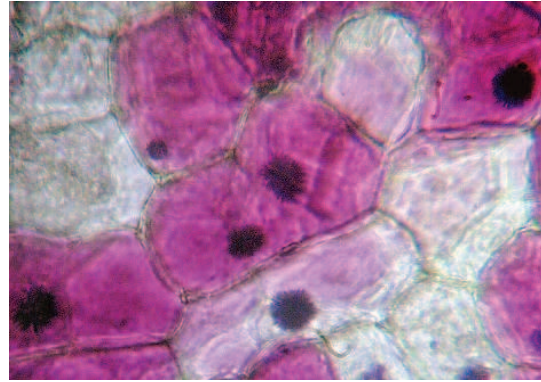
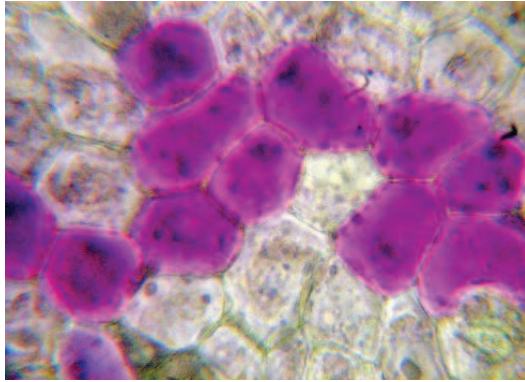
*Farbivo sa nachádza v povrchovej vrstve, alebo v mezenchýme?*

*Ak sa farbivo nachádza v medzibunkových priestoroch, zasahuje v niektorých oblastiach aj do vnútra buniek? Ak sa farbivo nachádza v bunke, nachádza sa v celom obsahu bunky alebo len v jej nejakej organeli? Ak sa nachádza v organeli, napíšte o akú organelu ide.*

#### Riešenie

Pri pohľade okom na rez listom vidno, že farbivo je pri vonkajšej strane listov. Ako ukázali mikroskopické pozorovania, bunky na úplnom povrchu (kde sú aj prieduchy) farbivo neobsahujú.

Najviac sa osvedčila príprava preparátu „rozlúpnutím“ listu. Fotky preparátu v mikroskope:



Z toho, čo sa dalo vidieť, je farbivo pravdepodobne rozptýlené v celej bunke (cytoplazme), nie iba v jednej organelle. Je však možné, že farbivo bolo pôvodne vo vakuolách, ktoré sa mechanicky poškodili pri manipulácii so vzorkami.

Teraz vyskúšame, aký vplyv má na farbivo v bunkách kyslé prostredie. Pijavým papierom odsajte vodu spod podložného sklíčka a z opačnej strany než ste odsávali vodu pridajte kvapku 8 % kyseliny octovej pod podložné sklíčko. Presvedčte sa, že kvapka sa dostala až k rezu listu kapusty. Ak jedna kvapka nestačila, pridajte ďalšie kvapky. Pozorujte zmeny, ktoré sa udiali po pridaní kyseliny octovej.

Nakoniec vyskúšame vplyv zásaditého prostredia (sóda alebo sóda bikarbóna). Na to si ale pripravte roztok sódy alebo sódy bikarbóny. Do 1 dl vody pridajte plnú kávovú lyžičku sódy (sódy bikarbóny) a rozpustite ju. Rozpúšťa sa však pomaly. Ak sa roztok začína zakaľovať, je to znakom, že ďalšia sóda sa už nebude rozpúšťať.

#### **Otázky**

*Nastala zmena v zafarbení buniek? Ak áno, napíšte čas, za ktorý k zmene došlo. Ak k zmene nedošlo, zapíšte čas, ako dlho ste preparát pozorovali.*

*Akú farbu má teraz pôvodne fialové farbivo, ak zmena nastala?*

#### **Riešenie**

Preparát v octe a sóde zmení farbu do modra (sóda bikarbóna) a červená (ocot). Zmena nastala o niekoľko sekúnd po pridaní roztoku.

Mnohé informácie o antokyánoch sa dajú nájsť aj v učebniciach a v encyklopédiách. Vyhľadajte ich a odpovedzte na nasledujúce otázky. Ak ste nemali k dispozícii mikroskop, vyhľadajte odpovede aj na otázky, ktoré sme položili predtým.

#### **Otázky**

*Asi koľko druhov antokyánov je dnes známych?*

*Vysvetlite pôvod tohto slova.*

*V akých orgánoch rastlín sa nachádzajú tieto farbivá?*

*Napíšte predpokladané funkcie týchto farbív v listoch, v kvetoch, v dozretých plodoch. Prečo je pre rastlinu výhodné, keď nedozreté plody nie sú zafarbené? Akú funkciu majú pre živočíchov (aj človeka), ktoré ich prijímajú v potrave? Čo spôsobujú látky, proti ktorým takto pôsobia?*

*Vysvetlite, prečo sa listy na stromoch v blízkosti pouličných lúčok farbia neskôr ako tie, ktoré nie sú pri umelom osvetlení? (Aký faktor spôsobuje farbenie listov na jeseň?)*

*Sú antokyány v listoch tvorené zámerne, alebo ich prítomnosť je len dôsledkom rozkladania chlorofylu?*

*Po ich izolovaní z rastliny možno pozorovať pod ultrafialovým svetlom zaujímavý jav. Podobný jav vykazuje aj chlorofyl. Napíšte názov tohto javu.*

#### **Riešenie**

Antokyánov, ktoré patria medzi flavonoidy, je známych asi 600 druhov.

Pôvod slova: anthos = kvet, kyanos = modrý.

Tieto farbivá sa nachádzajú v každom orgáne rastlinného tela – plody, listy, kvety, stonky, korene, stopky.



*List:* (1) ochrana pred nadmerným UV žiarením, chránia chlorofyl – rastliny v trópech majú často červené listy po celý rok (2) u rastlín, ktoré žijú v tieni pomáhajú využívať svetelné lúče odrazené od zeme, čím zvyšujú využitie slnečného žiarenia – napr. begónia, (3) na jeseň asi chránia listy, keď sú tieto listy oslabené. *Kvety:* svojimi farbami lákajú opel'ovačov (aj biele kvety môžu byť včelami alebo iným hmyzom vnímané ako farebné). *Dozreté plody:* keďže obsahujú dozreté semená lákajú zvieratá, ktoré tieto plody požírajú a rozširujú ich semená. Nedožené plody (častokrát sfarbené na zeleno) obsahujú ešte nedozreté semená a tak zbytočne nepriťahujú pozornosť zvierat. *Funkcia pre živočíchov:* v organizme živočíchov pôsobia ako vychytávače voľných radikálov. Voľné radikály sú nebezpečné, pretože vytvárajú poškodenie DNA a tkanív a predpokladá sa, že sa voľné radikály hrajú úlohu pri inicializácii chorôb ako rakovina, diabetes mellitus, Alzheimerova choroba atď.

Syntézu antokyánov v listoch stromov nespôsobuje zmena počasia (nástup mrazov), ale úbytok svetla. Stromy v blízkosti lúčov majú dostatok svetla v porovnaní s tými, ktoré ho nemajú (sú ďaleko od lúčov).

Jedna z teórií bola, že antokyány vznikajú ako odpadový produkt pri degradácii chlorofylu. Dnes sa už vie, že tieto farbivá sú rastlinou syntetizované zámerné.

Jav sa nazýva fluorescencia.

### Ako súvisí farba s pH?

V druhej časti nájdeme odpoveď na otázku, ako závisí farba antokyánov obsiahnutých v kapuste od pH prostredia, v ktorom sa nachádzajú. Najprv si však pripravíme výluh z červenej kapusty, v ktorom budú farbivá rozpustené.

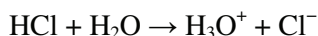
Nakrájajte nadrobno niekoľko listov červenej kapusty a v hrnci ich zalejte malým množstvom (0,3 až 0,5 l) vody. Zmes povarte asi 10 minút a nechajte vychladnúť. Potom tmavofialovú kvapalinu zlejte do pripravenej nádoby.

*Rada:* Pripravený výluh zafarbí tričko, obrus aj koberec spôsobom, ktorý Vašu mamu nepoteší. S roztokom preto manipulujte na vhodnom mieste (pracovná doska v kuchyni, igelitový obrus) a rozliatu kvapalinu ihneď dosucha utrite. Môže sa totiž zažrať aj do plastov. Potom už iba môžete dúfať, že vaša mama ovláda kúzla, ako takéto fláky odstrániť.

Aby sme mohli zistiť, ako závisí farba od pH, musíme si najprv ujasniť, čo to pH vlastne je.

Iste viete, že podľa jednej z prvých teórií o kyselinách a zásadách (Arrheniova teória), sú kyseliny látky schopné vo vodnom roztoku odštiepovať protón  $H^+$ , ktorý ďalej reaguje s vodou za vzniku  $H_3O^+$ . Zásady sú zasa látky schopné vo vodnom roztoku odštiepovať skupinu  $OH^-$ .

Napríklad, ak vlejeme HCl do vody, prebehne nasledujúca reakcia nazývaná disociácia HCl vo vode



Voda sa môže správať aj ako kyselina aj ako zásada:  $H_2O + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + OH^-$ , a preto je disociovaná len nepatrne. Táto reakcia sa tiež nazýva autoprotolýza vody.

Koncentrácia iónov  $H_3O^+$  (t. j.  $c(H_3O^+) = 0,000\,000\,1\text{ mol/dm}^3 = 10^{-7}\text{ mol/dm}^3$ ) sa vo vode rovná koncentrácii  $OH^-$  a takýto roztok nazývame neutrálnym a má  $pH = 7$ .

Ak do vody vlejeme silnú kyselinu alebo zásadu, uvoľnia do nej obrovské množstvo protónov  $H^+$  resp. skupín  $OH^-$  (v porovnaní s čistou vodou). Pri výpočte pH v takomto prípade môžeme množstvo pôvodných iónov zanedbať. Ak máme napríklad roztok kyseliny, ktorý má  $pH = 3$  (t. j.  $c(H_3O^+) = 0,001\text{ mol/dm}^3 = 10^{-3}\text{ mol/dm}^3$ ) a zriedime ho 10×, koncentrácia iónov  $H_3O^+$  klesne tiež 10× na hodnotu  $c(H_3O^+) = 0,000\,1\text{ mol/dm}^3 = 10^{-4}\text{ mol/dm}^3$  a pH zriedeného roztoku bude 4. Rovnako možno postupovať aj so zásadami, ich pH sa však pri riedení znižuje. Samozrejme, riedením kyseliny alebo zásady nikdy nemožno prekročiť hranicu  $pH = 7$  (prirodzená koncentrácia iónov  $H_3O^+$  vo vode).

*Odporúčanie:* Otázka výpočtu pH je zaujímavá a viac sa o nej dozviete v prílohe na konci tejto úlohy. Ak máte na to chuť a elán, rozhodne odporúčame si prílohu preštudovať.

### Úlohy

Do pohárikov si pripravte sériu piatich kyslých roztokov kuchynského octu (8 %). Do prvého pohárika dajte asi 0,5 dl čistého octu, ktorého pH je približne 3. Do väčšej nádoby nalejte rovnaké množstvo octu a doplňte ho deviatimi dávkami rovnakého množstva vody. Takto získaným roztokom naplňte druhý pohárik a vypočítajte pH roztoku. Veľkú nádobu vypláchnite vodou, nalejte do nej asi 0,5 dl zriedeného roztoku octu, doplňte deviatimi dielmi vody a takto pokračujte ďalej.

Do ďalších pohárikov si pripravte sériu zásaditých roztokov pracej sódy (alebo sódy bikarbóny ak ste praciú sódu nezohnali). Najprv si pripravte nasýtený roztok pracej sódy (sódy bikarbóny). Rozpúšťa sa pomaly, treba ju trpezlivo miešať. Začnite tým, že do 2 dl vody dajte 2 kopcovité lyžičky sódy a po rozpustení sódu pridávajte. Keď sa roztok začne zakalať, znamená to, že jeho koncentrácia sa blíži k nasýtenej. Po vytrvalom miešaní sa ešte časť sódy rozpustí a roztok sa vyčíri. Nasýtený roztok pracej sódy (sódy bikarbóny) má pH približne 11 (9). Postupným zriedovaním si pripravte roztoky s nižším pH.

Do každého pohárika s pripraveným roztokom pridajte rovnaké množstvo (asi 5 ml t. j. 2 kávové lyžičky) kapustového výluhu a zamiešajte.

Farba roztokov sa zmenila v závislosti od pH roztoku. Všimnite si, že farba roztokov sa ešte niekoľko minút ustáľuje, kým získa definitívny odtieň.

### Otázka

*Zapíšte si farbu roztokov v závislosti od ich pH.*

### Riešenie

Pracia sóda (pol kila) sa dá kúpiť v drogérii za cca 1,2 EUR. Sóda bikarbóna sa dá kúpiť za podobnú sumu v potravinách. Podobne je to s octom.

Po namiešaní kyslých (ocot) a zásaditých (pracia sóda) roztokov sa dajú získať farby, ktoré sú na obrázku



Samostatne stojaci pohárik je čistá vodovodná voda. Ako vidno, trikrát zriedený roztok pracej sódy (štvrtý sprava, pH = 8) má už podobnú farbu, ako čistá voda.

Všimnite si posledný pohárik vpravo, je žltozelený. Jeho farba sa časom menila až sa po niekoľkých minútach ustálila na žltej. Podobne sa mierne zmenili aj ružovkasté odtiene. Všimnite si farby pohárikov nižšie pri výsledkoch elektrolyzy.

Ak sa na výrobu zásaditých roztokov použila sóda bikarbóna, výsledok je takýto:



Ako vidíte, až po zelenú farbu sa nedá dostať, nasýtený roztok sódy bikarbóny má modré sfarbenie. Závislosť farby roztokov od ich pH:



pH	farba
3	červená
4	ružová
5	ružovofialová
6	fialovo ružová
7	fialová
8	fialová
9	modrá
10	zelená
11	žltozelená až žltá

### Ako na pH pomocou elektrolýzy

V tretej časti budeme ovplyvňovať pH roztokov elektrolýzou. Ako iste viete, v kvapalinách vedú elektrický prúd ióny. Kladné ióny sa presúvajú k zápornej elektróde a záporné ióny sa presúvajú ku kladnej elektróde. Po istej dobe sa tak zmení rozloženie iónov v roztoku, a tým aj rozloženie pH.

Čistá voda je však veľmi zlý vodič. Preto budeme robiť elektrolýzu roztoku kuchynskej soli (NaCl). Tým pridáme do vody obrovské množstvo iónov  $\text{Na}^+$  a  $\text{Cl}^-$ . Tie budú dobre viesť elektrický prúd a budú sa presúvať k príslušným elektródam.

#### Úloha

Prípravte si asi 2 dl roztoku NaCl. Do 2 dl vody pridajte 2–3 kávové lyžičky soli a rozmiešajte.

Pri elektródach prebiehajú chemické reakcie. Ak by ste použili elektródy z obyčajného kovu (meď, železo a podobne), rýchlo by sa pokryli rôznymi zlúčeninami alebo by sa rozpustili. Preto treba elektródy vyrobiť z inertného materiálu. Profesionáli používajú platinové elektródy, ktoré ale asi nebudete mať k dispozícii. Inertným je však aj uhlík (grafit), ktorý sa používa ako tuha v ceruzkách.

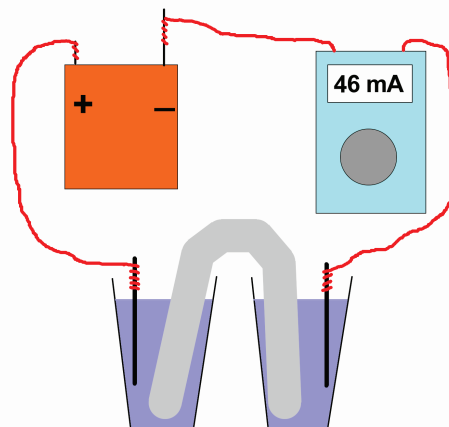
#### Úloha

Rozštípte pozdĺžne grafitovú ceruzku a vyberte z nej dva kúsky tuhy o dĺžke 3–5 cm, ktoré použijete ako elektródy.

Do dvoch pohárikov nalejte asi 0,5 dl slaného roztoku a pridajte do nich asi 5 ml (2 kávové lyžičky) kapustového výluhu. Roztok má v oboch pohárikoch fialovú farbu. Do jedného pohárika vložíme pri experimente kladnú elektródu, do druhého zápornú. Aby medzi pohárikmi mohol pretekať elektrický prúd, spojíme ich takzvaným „slaným mostíkom“. Je to papierová vreckovka zrolovaná do trubičky (tyčinky), ktorú namočíme do slaného roztoku. Mokrú papierovú tyčinku ohneme a vložíme koncami do pohárikov (pozrite obrázok vpravo). Cez takýto mostík sa môžu ióny ľahko pohybovať, pričom sa obsahy pohárikov priamo nemôžu premiešať.

#### Úloha

Pomocou tenkého drôtika zapojte batériu, elektródy a ampérmeter tak, ako je znázornené na obrázku. Ak je všetko tak, ako má byť, spozorujete, že z elektród sa uvoľňujú plyny. Po chvíľke sa elektrický prúd ustáli. Zapíšte si jeho hodnotu. Ak sa veľkosť prúdu neustále mení, zapíšte si približnú priemernú hodnotu. Elektrolýzu nechajte prebiehať aspoň pol hodinu, aby sa farba roztokov výrazne zmenila. Poznačte si dobu trvania elektrolýzy. Ak nemáte k dispozícii ampérmeter, nevadí. Vynechajte ho a pri ďalších výpočtoch predpokladajte, že ukazoval hodnotu, ako ampérmeter na obrázku.



Upozornenie: Plyn, ktorý sa uvoľňuje na jednej z elektród je toxický! Vo vašom experimente sa ho však uvoľní iba veľmi malé množstvo, ktoré Vám neublíži. Plyn veľmi zapácha, takže váš nos vás upozorní v dostatočnom časovom predstihu, že by ste mali vyvetrať. Je však pravdepodobnejšie, že uvoľneného plynu bude tak málo, že budete mať problém zacítiť jeho zápach.

## Otázky

Aké chemické reakcie prebiehajú pri elektródach? Aké plyny sa pri elektródach uvoľňujú?

Ako a v ktorých miestach sa mení farba roztokov počas elektrolýzy?

Situáciu, keď sa už farba roztokov výrazne zmenila, zdokumentujte fotografiou. Tú priložte k riešeniu. Vysvetlite, prečo sa farba roztokov zmenila práve týmto spôsobom.

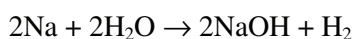
## Riešenie

Po zapojení obvodu sa na kladnej elektróde začal uvoľňovať chlór (bublinky a slabý zápach). Na obrázku (vpravo) vidno, ako sa v okolí kladnej elektródy mení pH smerom ku kyslému prostrediu a v okolí zápornej elektródy smerom k zásaditému. Na fotografii nevidno ampérmeter, ktorým tiekol prúd 40 mA.



## Vysvetlenie zmeny pH

Pri zápornej elektróde každý zneutralizovaný ión  $\text{Na}^+$  vyvolá vznik  $\text{NaOH}$  so súčasným uvoľňovaním plynného vodíka.



Roztok  $\text{NaOH}$  pri zápornej elektróde je zásaditý (zelené sfarbenie).

Pri kladnej elektróde sa neutralizujú ióny  $\text{Cl}^-$  za vzniku plynného  $\text{Cl}_2$ . Ten z roztoku uniká, preto neovplyvňuje pH. Časť plynného chlóru sa však rozpúšťa vo vode za vzniku kyselín  $\text{HCl}$  a  $\text{HClO}$ . Preto je reakcia v okolí kladnej elektródy kyslá (červené sfarbenie).

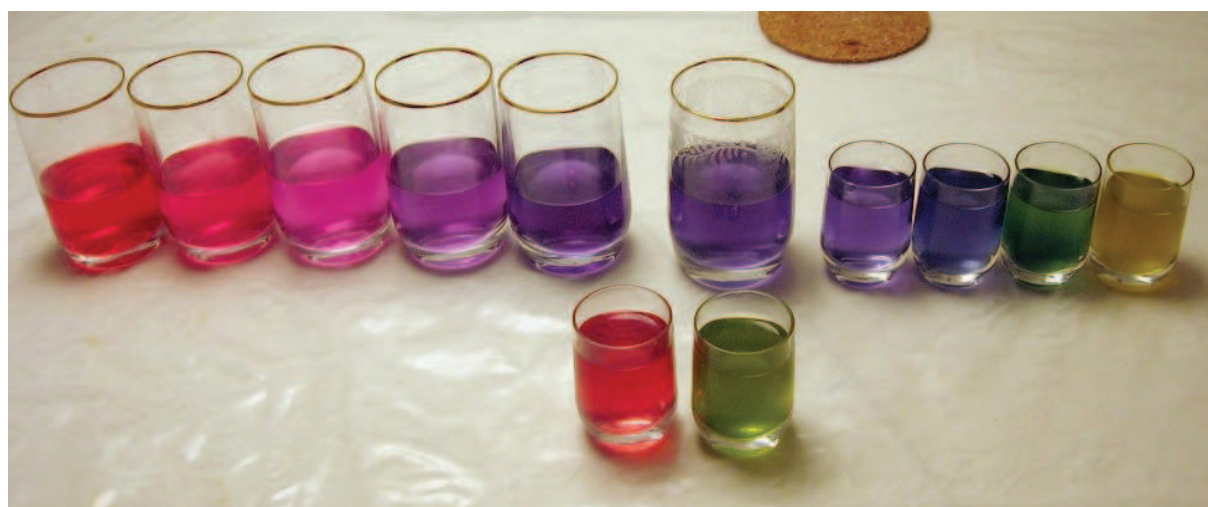
Po skončení elektrolýzy (keď sa už farba roztokov výrazne zmenila) vyberte z pohárikov elektródy a taktiež slaný mostík. Roztoky v pohárikoch zamiešajte, aby ste dosiahli rovnomerné sfarbenie.

## Úloha

Porovnaním farby roztokov po elektrolýze s farbami skôr pripravených kyslých a zásaditých roztokov odhadnite pH v roztokoch po elektrolýze.

## Riešenie

Po pol hodine elektrolýzy sme porovnali farbu pohárikov s predtým pripravenými roztokmi so známym pH.



Všimnite si posledný pohárik vpravo, je žltý (na fotke v druhej časti bol tesne po namiešaní žltozelený) – ustálenie farieb chce asi 10 minút. Odhadnuté pH (porovnaním farieb): 4 (kladná elektróda) a 11 (záporná elektróda).

Elektrický prúd tvoria najmä presúvajúce sa ióny  $\text{Na}^+$  a  $\text{Cl}^-$ . Sú to jednomocné ióny, preto pri presunutí jedného z nich od elektródy k elektróde prejde ampérmetrom náboj jedného elektrónu  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ . Ak doba elektrolýzy bola  $t$  sekúnd a prúd v ampéroch bol  $I$ , celkovo sa počas elektrolýzy presunulo  $N = I \cdot t / e$  iónov. Predpokladajme, že polovica z tohto počtu boli ióny  $\text{Na}^+$  a druhá polovica  $\text{Cl}^-$ . V každom poháriku teda pribudlo  $N/2$  iónov danej polarita, ktoré sa zneutralizovali na elektródach. Užitočnejšie je vedieť, koľko mólov iónov príslušnej polarita pribudlo v pohárikoch:  $n_i = (N/2)/N_A$ , kde  $N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  je Avogadrova konštanta. Keďže tieto ióny spôsobili zmenu pH, môžeme odhadnúť aj zmenu veľkosti pH presunom iónov. Ak objem pohárika bol  $V$  (v  $\text{dm}^3$ ), potom koncentrácia presunutých iónov teda  $c_i = n_i/V \text{ mol/dm}^3$ . Podľa počtu núl za desatinnou čiarkou hodnoty  $c_i$  možno odhadnúť zmenu pH spôsobenú elektrolýzou (napr.  $c_i = 0,0002$  zodpovedá pH približne 4).

### Úloha

Vyššie uvedeným postupom odhadnite pH v pohárikoch po skončení elektrolýzy. Porovnajme výsledok s hodnotami pH určenými z farby roztokov. Pokúste sa vysvetliť zhodu/nezhodu vypočítanej hodnoty s pozorovanou.

### Riešenie

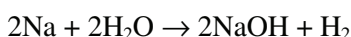
Prúd, ktorý tiekol pri elektrolýze sa ustálil na cca 40 mA. Postupom uvedeným v zadaní dostávame

$$N = 0,04 \text{ A} \cdot 1800 \text{ s} / 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} = 4,5 \cdot 10^{20} \text{ častíc} \cdot n_i = N/2/N_A = 0,000375 \text{ mol.}$$

Objem vody v poháriku bol  $V = 0,03 \text{ dm}^3$ .

Koncentrácia iónov v poháriku je  $c_i = 0,000375/0,03 = 0,0125 \text{ mol/dm}^3$ . Čiže odhadnuté pH v pohárikoch je pH = 2 (kladná elektróda) a pH = 14 - 2 = 12 (záporná elektróda). Zatiaľ čo pri zápornej elektróde dáva výpočet podobnú hodnotu ako výsledok experimentu (žltozelená farba indikuje pH = 11), pri kladnej elektróde je roztok omnoho menej kyslý, než vyšlo z výpočtu (výpočet: pH = 2, pozorovanie: pH = 4).

Pri zápornej elektróde sa totiž každý pricestovaný ión  $\text{Na}^+$  neutralizuje a vyvolá vznik NaOH so súčasným uvoľňovaním plynného vodíka.



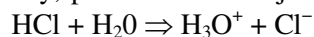
Takže tu výpočet dáva správne výsledky (ak sú rovnaké pohyblivosti iónov a prešiel rovnaký počet iónov  $\text{Na}^+$  a  $\text{Cl}^-$ ).

Na kladnej elektróde nesúhlas neprekvapuje, tam sa pricestované ióny  $\text{Cl}^-$  neutralizujú a uvoľňujú vo forme plynu  $\text{Cl}_2$ . Teda vlastne by ani žiadna zmena pH nemala nastať. Časť iónov  $\text{Cl}^-$  však ostáva v roztoku za vzniku kyselín HCl a HClO. Keďže sa však iba malá časť iónov  $\text{Cl}^-$  použije na pokles pH, toto nedosiahne hodnotu 2, ale iba vyššiu hodnotu 4.

### Príloha: Čo je pH a ako sa dá vypočítať?

Iste viete, že podľa jednej z prvých teórií o kyselinách a zásadách (Arrheniova teória), sú kyseliny látky schopné vo vodnom roztoku odštiepovať protón  $\text{H}^+$ , ktorý ďalej reaguje s vodou za vzniku  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Zásady sú zasa látky schopné vo vodnom roztoku odštiepovať skupinu  $\text{OH}^-$ .

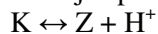
Potom, ak vlejeme napr. HCl do vody, prebehne nasledujúca reakcia nazývaná disociácia HCl vo vode:



Nevýhoda Arrheniovej teórie spočíva v tom, že platí iba o vodných roztokoch kyselín a zásad, preto Brönsted prišiel s novou, aj keď veľmi podobnou teóriou, podľa ktorej:

Kyseliny sú častice (molekuly, ióny,...) schopné odovzdávať  $\text{H}^+$  iným molekulám alebo iónom. Zásady sú látky schopné od iných častíc prijímať protóny  $\text{H}^+$ .

Môžeme tiež povedať, že každá kyselina má svoju spriaznenú zásadu, od ktorej sa líši iba o protón(y) vodíka  $\text{H}^+$ .



Voda sa môže správať aj ako kyselina aj ako zásada:  $\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$  a preto je disociovaná len nepatrne. Táto reakcia sa tiež nazýva autoprotolýza voda.

Koncentrácia iónov  $\text{H}_3\text{O}^+$  (t. j.  $c(\text{H}_3\text{O}^+) = 0,000\,000\,1 \text{ mol/dm}^3 = 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$ ) sa rovná koncentrácii  $\text{OH}^-$ . Takýto roztok nazývame neutrálnym a má pH = 7.

pH silných kyselín vypočítame ako  $\text{pH} = -\log c(\text{H}_3\text{O}^+)$

a silných zásad ako  $\text{pOH} = -\log c(\text{OH}^-)$ .

Pritom platí  $\text{pH} + \text{pOH} = 14$  pH= od 0 do 14  
pH = 1 až 6 majú kyslé roztoky, pH = 7 neutrálne, pH = 8 až 14 majú zásadité roztoky.

### Príklad

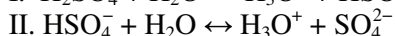
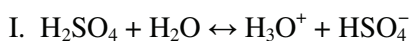
a) Koncentrácia roztoku silnej kyseliny chlorovodíkovej je  $c = 0,001 \text{ mol/dm}^3$ . Vypočítajte aké je pH roztoku.

$$c(\text{HCl}) = c(\text{H}_3\text{O}^+) = 0,001 \text{ mol/dm}^3 = 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$
$$\text{pH} = -\log c(\text{H}_3\text{O}^+) = -\log 10^{-3} = -(-3) = 3$$

### Výsledok

pH roztoku kyseliny chlorovodíkovej je 3, t. j. roztok je veľmi kyslý.

b) Koncentrácia roztoku silnej kyseliny sírovej je  $c = 0,005 \text{ mol/dm}^3$ . Vypočítajte aké je pH roztoku.



$$c(\text{H}_3\text{O}^+) = 2 \cdot c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \cdot 0,005 \text{ mol/dm}^3 = 0,01 \text{ mol/dm}^3 = 10^{-2} \text{ mol/dm}^3$$
$$\text{pH} = -\log c(\text{H}_3\text{O}^+) = -\log 10^{-2} = -(-2) = 2$$

### Výsledok

Kyselina sírová je dvojsýtna kyseliny (má dva vodíky, ktoré vie odštiepiť), a preto pri reakcii s vodou vzniká dvojnásobné množstvo oxóniových kationov  $\text{H}_3\text{O}^+$ .

pH roztoku kyseliny sírovej je 2 t. j. roztok je veľmi kyslý.

c) Koncentrácia roztoku NaOH je  $c = 0,001 \text{ mol/dm}^3$ . Vypočítajte pH roztoku.

$$c(\text{NaOH}) = c(\text{OH}^-) = 0,001 \text{ mol/dm}^3$$
$$\text{p}(\text{OH}^-) = -\log c(\text{OH}^-) = -\log 0,001 = -\log 10^{-3} = -(-3) = 3$$
$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} \Rightarrow \text{pH} = 14 - 3 = 11$$

### Výsledok

Roztok NaOH má pH = 11 a je zásaditý.

## EXP-3 Čo je to osmóza a osmoregulácia

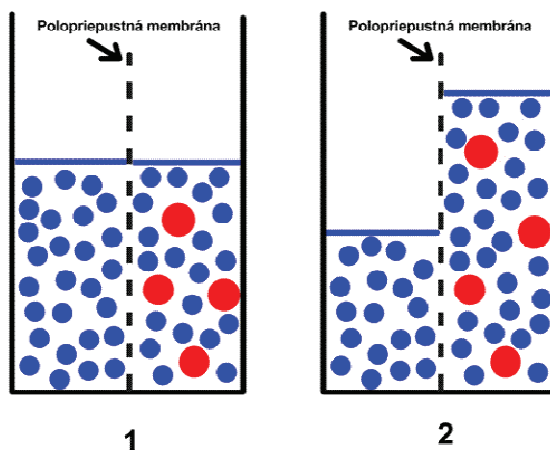
### Čo budete potrebovať?

Všetky pomôcky na experiment by ste mali nájsť doma v kuchyni. V prvom rade budete potrebovať jeden alebo dva veľké čerstvé zemiaky. Zemiaky by nemali byť zoschnuté, inak dostanete skreslené výsledky. Ďalej budete potrebovať sedem nádobiek (napríklad pohárov) a kuchynskú soľ. Na meranie dĺžok budete potrebovať pravítko a na váženie kuchynské váhy.



### 1 Čo je osmóza?

Osmóza je jav, ktorý vzniká medzi dvoma roztokmi, ktoré sú oddelené *polopriepustnou membránou*. Je to taká membrána, cez ktorú môžu voľne prechádzať menšie molekuly (napríklad vody), ale nemôžu cez ňu prejsť väčšie molekuly a ióny (napríklad ióny sodíka a chlóru).



Obrázok Princíp osmózy na polopriepustnej membráne

Na obrázkoch je schematicky znázornená takáto situácia. Modrými guľôčkami sú znázornené molekuly vody a červenými guľôčkami ióny sodíka a chlóru. Na prvom obrázku je situácia na začiatku, po naliatí čistej vody a slanej vody do rovnakej výšky. Keďže v pravej časti nádoby je menej molekúl vody (lebo časť objemu roztoku zaberá soľ) než v ľavej, zľava doprava prechádza cez membránu viac molekúl vody než naopak. Po istej dobe vyzerá situácia ako na druhom obrázku – časť vody natiekla do roztoku soli a zriedila ho. Keďže v pravej časti nádoby je vyššia hladina vody, je v nej aj vyšší tlak vody. Tento vyšší tlak vody sa snaží pretlačiť vodu späť vľavo, čím sa situácia časom ustáli. Ak by sme v pravej časti nádoby zvýšili tlak vody (napríklad hydraulickým piestom), dokázali by sme vodu pretlačiť do ľavej časti nádoby, pričom v pravej časti by zostali ióny sodíka a chlóru (rozpuštená soľ). Na tomto princípe (takzvaná reverzná osmóza) fungujú čističe pitnej vody pre domácnosti a niektoré zariadenia na odsolovanie morskej vody.



## 2 Prečo je osmóza dôležitá pre bunky?

Udržanie rovnováhy vnútorného prostredia (homeostázy) je základnou podmienkou prežitia buniek. Osmoregulácia patrí k homeostatickým mechanizmom, pomocou ktorého organizmy regulujú iónovú rovnováhu a príjem a výdaj vody. Pri narušení rovnováhy by v bunkách alebo narastal obsah vody (bunky by sa zväčšovali a mohli by až prasknúť) alebo naopak by bunky vodu strácali. U mnohobunkových organizmov väčšia časť buniek nie je v priamom kontakte s vonkajším prostredím, ale je obmývaná vnútornými telovými tekutinami, ktoré zabezpečujú ideálne prostredie pre správnu funkciu buniek a ich prežitie.

Z hľadiska osmoregulácie existujú tri rozličné druhy prostredí: sladkovodné, morské a suchozemské. Živočíchy sa prvotne vyvinuli v mori. Väčšina morských bezstavovcov prispôsobuje vnútornú osmotickú koncentráciu vonkajšiemu prostrediu (tzv. osmokonformery). Na rozdiel od nich má väčšina morských stavovcov, ako aj suchozemské a sladkovodné organizmy, rozdielnu koncentráciu solí oproti vonkajšiemu prostrediu a patrí medzi tzv. osmoregulátory. U týchto organizmov sa v priebehu evolúcie vyvinuli mechanizmy, ktorými regulujú príjem, resp. výdaj vody a solí z tela v rôznych typoch prostredí.

### Otázka

*Čo sa deje s červenou krvinkou v destilovanej vode? Prečo smädný človek nesmie vypiť slanú vodu alebo naopak väčšie množstvo nemineralizovanej vody?*

### Riešenie

Nastane takzvaná hemolýza, čiže červená krvinka začne nasávať vodu až praskne (poruší sa cytoplazmatická membrána červenej krvinky).

Smädný človek nesmie vypiť slanú vodu, lebo ho ešte viac dehydratuje (na základe osmózy vysaje z buniek vodu, aby sa vyrovnal osmotický gradient medzi vnútrobunkovým prostredím a mimo bunkovým prostredím).

Naopak, tiež nemôže vypiť veľké množstvo nemineralizovanej vody, lebo by došlo k hyperhydratácii buniek (tiež na základe osmózy, aby sa vyrovnal osmotický gradient medzi vnútrobunkovým prostredím a mimo bunkovým prostredím). Táto situácia môže navodiť kŕče.

### Otázka

*Prečo sa pri infekčných (bakteriálnych) zápaloch hrdla odporúča klokať a vyplachovať hrdlo koncentrovaným roztokom soli?*

### Riešenie

Sol' má dezinfekčné účinky a pôsobí toxicky na baktérie, ktoré spôsobujú zápal hrdla – mikroorganizmy dehydratuje (na základe osmózy) a tým spôsobí rozvrat ich vnútorného prostredia – ničí ich.

### Otázka

*Jednobunkovcom žijúcim v sladkovodnom prostredí sa vytvoril orgán, ktorý slúži na vylučovanie. Túto organelu nenájde u jednobunkovcov žijúcich v slanej morskej vode, ale v prípade, že ich preniesieme do sladkej vody, sa im vytvorí. Činnosť tejto organely súvisí s osmotickými pomermi v bunke a okolitom prostredí. Ktorá to je organela a ako si ňou jednobunkovce regulujú osmotické pomery?*

### Riešenie

Je to pulzujúca vakuola.

Keďže jednobunkovce žijúce v sladkovodnom prostredí prijímajú veľké množstvo vody, mohli by bez tejto organely prasknúť. Práve preto sa im vytvorila táto organela, ktorá im odoberá nadbytočnú vodu a potom ju znova „vypulzne“ do vody (väčšinou sa im vytvorí dve pulzujúce vakuoly a v regulovaní osmotických pomerov sa striedajú). Tým pádom je osmotický gradient medzi vnútorným prostredím jednobunkovca a vonkajším prostredím jednobunkovca vyrovnaný.

### Otázka

*Ako si získavajú a udržiavajú vodu morské ryby, keď je morská voda slanšia, než ich vnútorné tekutiny?*

### Riešenie

V ich prvoobličkách dochádza k spätnému prijímaniu vody, zároveň aktívne vylučujú cez žiabre soli.

### 3 Určenie izotonického koncentrácie soli v hľuzách zemiaka

Po vložení zemiaku (ale aj mrkvy a iných druhov ovocia a zeleniny) do čistej vody dochádza v dôsledku osmózy k hromadeniu vody v jeho bunkách a k zväčšovaniu jeho objemu. Naopak, pri vložení do slanej vody strácajú bunky zemiaku vodu a zemiak sa znižuje. Pri izotonickom roztoku soli sú bunky zemiaka s roztokom v osmotického rovnováhe a nedochádza k zmene jeho rozmerov.

*Tip:* Aby došlo rýchlejšie k ustáleniu, je lepšie použiť kúsky zemiaku v tvare hranolčekov. Voda sa tak rýchlejšie dostane až k vnútorným bunkám zemiaka. Hodnota izotonického koncentrácie závisí od druhu zemiaka, ale napríklad aj od jeho uskladnenia.

#### Príprava roztokov soli s vhodnými koncentraciami

Na hľadanie izotonického koncentrácie si pripravte roztoky s rôznymi hmotnostnými koncentraciami. Hmotnostná koncentrácia 1 % znamená, že v 100 g roztoku je 1 g soli.

Prvým krokom je príprava roztoku s koncentraciou 4 %. Keďže doma asi nemáte laboratórne váhy, použite kuchynské. Tie však nemajú takú citlivosť, aby ste na nich odvážili niekoľko gramov soli. Preto najprv zmerajte, koľko gramov soli sa vmestí do jednej kávovej lyžičky. To získate tak, že na váhu nasypete veľa (napríklad 100) lyžičiek soli.

#### Úloha

Zmerajte hmotnosť jednej lyžičky soli a výsledky zapíšte do tabuľky.

Počet lyžičiek soli:	20
Hmotnosť soli na váhe v gramoch:	100
Hmotnosť jednej lyžičky soli v gramoch:	5

### Riešenie

Typické hodnoty sú vpísané do zvýraznených polí v tabuľke.

Teraz už viete, koľko lyžičiek soli potrebujete, aby ste do vody pridali potrebné množstvo soli.

#### Úloha

Prípravte si 1 liter roztoku s koncentraciou 4 %, teda do 960 g vody pridajte 40 g soli

#### Základný roztok 4 %

Hmotnosť vody v nádobe v gramoch	960
Počet pridaných lyžičiek soli	8
Hmotnosť soli v nádobe v gramoch	40
Hmotnostná koncentrácia pripraveného roztoku (hmotnosť soli/hmotnosť roztoku · 100%)	4 %

### Riešenie

Počet potrebných lyžičiek soli je vpísaný do zvýrazneného poľa v tabuľke

Pomocou tohto základného roztoku si teraz môžete pripraviť ostatné roztoky.

#### Úloha

Roztoky s nižšou koncentraciou si pripravte zmiešaním základného 4 % roztoku s čistou vodou. V nasledujúcej tabuľke máte uvedené, v akom hmotnostnom pomere máte zmiešať základný roztok a vodu. Vypočítajte, aké koncentrácie budú mať takto pripravené roztoky. Vzorový výpočet je pod tabuľkou.

Roztok č.	Počet dielov základného roztoku	Počet dielov čistej vody	Vypočítaná koncentrácia
1	0	1	0 %
2	1	9	0,4 %
3	1	4	0,8 %
4	1	3	1 %
5	1	2	1,33 %
6	2	3	1,6 %
7	1	1	2 %
8	1	0	4 %

Vzorový výpočet roztoku pripraveného z jedného dielu (100 g) základného 4 % roztoku a dvoch dielov (2×100 g) vody

Hmotnosť základného roztoku (1 diel) v nádobe	100 g
Hmotnosť soli v nádobe	4 g
Hmotnosť pridanej vody (2 diely) do nádoby	200 g
Hmotnosť slaného roztoku v nádobe	300 g
Hmotnostná koncentrácia roztoku (hmotnosť soli/hmotnosť roztoku·100%)	<b>1,33 %</b>

*Tip:* Roztoky miešajte vo väčšej, napríklad 1 litrovej nádobe. Po namiešaní jednej koncentrácie si nalejte pripravený roztok do vhodnej nádoby, napríklad pohára, kam neskôr vložíte zemiakový hranolček. Zvyšný roztok môžete vyliat' a nádobu použiť na prípravu ďalšieho roztoku. Pôvodný (základný) roztok si však pre istotu odložte, môže sa vám ešte hodiť (ak napríklad nedopatrením vylejete niektorý z pripravených roztokov).

### Riešenie

Vypočítané hodnoty koncentrácií pripravených roztokov sú vpísané do zvýraznených polí v tabuľke.

### Príprava a meranie hranolčekov

Na meranie si zo zemiaku nakrájajte hranolčeky s dĺžkou asi 50 – 60 mm. Dajte si záležať, aby boli všetky rovnako dlhé. Hrúbku hranolčekov zvoľte asi 10 mm x 10 mm. Po namočení hranolčekov do vody sa ich dĺžka zmení iba o niekoľko milimetrov. Preto si dĺžku pripravených hranolčekov dobre zmerajte a poznačte do tabuľky.

*Tip:* Hranolčeky sa môžu časom trochu prehnúť. Najlepšie je preto zmerať dĺžky všetkých štyroch strán hranolčekov a do tabuľky zapísať ich aritmetický priemer.

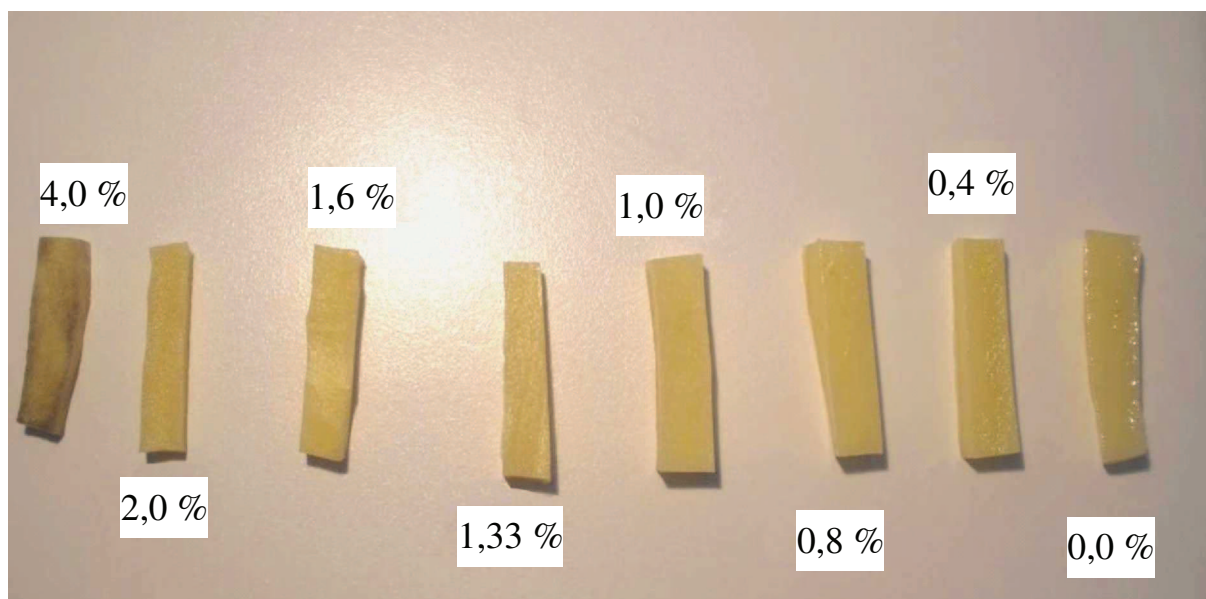
### Úloha

Zmerané hranolčeky vložte do pripravených roztokov a nechajte ich v nich 24 hodín. Potom hranolčeky vyberte, zmerajte ich dĺžku a zapíšte ju do tabuľky.

Koncentrácia roztoku	Dĺžka hranolčeka pred vložením do roztoku v mm	Dĺžka hranolčeka po 24 hodinách v roztoku v mm	Zmena dĺžky hranolčeka v mm	Zmena dĺžky hranolčeka v %
0 %	50	55	5	10
0,4 %	50	52	2	4
0,8 %	50	50	0	0
1 %	50	49	-1	-2
1,33 %	50	48,5	-1,5	-3
1,6 %	50	47,5	-2,5	-5
2 %	50	47	-3	-6
4 %	50	45	-5	-10

### Riešenie

namerané hodnoty sú vpísané do zvýraznených polí v tabuľke. Fotografia hranolčiekov



### Určenie izotonickkej koncentrácie

#### Úloha

Z predĺženia a skrátania hranolčiekov určite, ktorý z pripravených roztokov sa najviac blíži k izotonickému.

#### Riešenie

Z tabuľky vidíme, že izotonická koncentrácia slaného roztoku je približne 0,8 %, lebo v takomto roztoku zemiak nezmenil svoju veľkosť.

Z toho, čo ste sa dozvedeli o osmóze, viete, že dôležitý je počet molekúl vody na oboch stranách polopriepustnej membrány. Z hľadiska osmózy teda nie je dôležitá *hmotnostná koncentrácia* slaného roztoku, ale *koncentrácia molekúl* vody a soli. Niektoré molekuly sú ťažšie, iné ľahšie. Jeden gram rôznych látok teda obsahuje rôzny počet molekúl.

Molekuly sú však malé a ich počty napríklad v jednom grame látky sú obrovské. Aby sme nemuseli počítať s takýmito obrovskými číslami, na počítanie molekúl (alebo atómov, iónov a podobne) používame jednotku 1 mól. Jeden mól obsahuje  $6,023 \cdot 10^{23}$  molekúl (atómov, iónov,...).

Z rovnakých dôvodov nepoužívame bežne hmotnosť molekúl látky (je veľmi malá), ale hmotnosť jedného mólu látky – takzvanú *molárnu hmotnosť*. Molárne hmotnosti prvkov nájdete v tabuľkách

Prvok	Molárna hmotnosť v g/mol
vodík H	1
kyslík O	16
sodík Na	23
chlór Cl	35,5

Jeden mól molekúl vody ( $H_2O$ ) má teda hmotnosť  $2 \cdot 1 + 1 \cdot 16 = 18$  g, jeden mól molekúl soli ( $NaCl$ ) má hmotnosť  $1 \cdot 23 + 1 \cdot 35,5 = 58,5$  g.

### Úloha

Pomocou nasledujúcej tabuľky vypočítajte molárnu koncentráciu izotonického roztoku.

Zistená izotonická koncentrácia soli v hmotnostných percentách	0,8 %
Hmotnosť soli (v gramoch) v 1000 g tohto roztoku	8
Hmotnosť vody (v gramoch) v 1000 g tohto roztoku	992
Počet mólov soli v 1000 g roztoku	0,14
Počet mólov vody v 1000 g roztoku	55,11
Molárna koncentrácia roztoku (počet mólov soli/celkový počet mólov·100 %)	<b>0,25 %</b>

### Riešenie

Vypočítané hodnoty sú vpísané do zvýraznených polí v tabuľke. Izotonická koncentrácia je približne 0,25 mol %.