



Zábavné bubliny

Asi niet vo Vašom okolí človeka, ktorý by sa niekedy nezabával vyfukovaním mydlových bublín. V tohtoročnom domácom experimente IJSO sa dozviete o nich viac z pohľadu matematiky, fyziky, chémie a biológie. Samotný experiment a jeho vyhodnotenie vám nezaberie veľa času, odpovede na niektoré otázky však pravdepodobne budete musieť hľadať aj v učebniciach a encyklopédiách.

Pri vypracovávaní riešenia nám opíšte, ako ste riešili jednotlivé úlohy a čo ste zistili. Nezabudnite tiež zodpovedať na všetky otázky, ktoré sa v texte k úlohám vyskytli. Aby ste na nič nezabudli, všetky úlohy, otázky a miesta na doplnenie odpovedí majú zvýraznený podklad.

Svoje odpovede vpisujte rovno do tohto textu (máte v ňom pripravené aj potrebné tabuľky). Dokument doplnený o vaše odpovede nám odošlite do 21.3.2011 pomocou portálu <http://www.ijso.sk>.

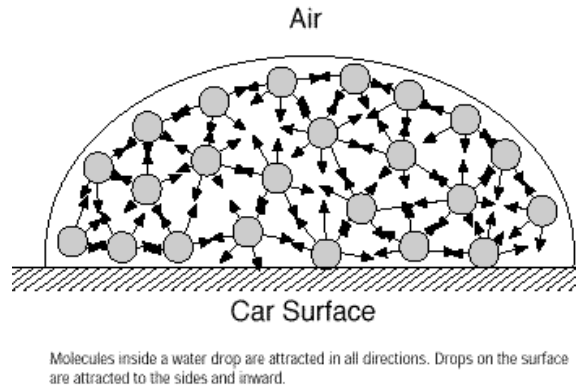
Čo budete potrebovať?

Pomôcky na experiment by ste mali nájsť doma alebo v drogérii. Budete potrebovať mydlo na pranie (alebo tzv. jadrové mydlo), jeden alebo ešte lepšie tri uzatvárateľné poháre (napríklad od zaváraniny), špáradlá alebo zápalky, lepidlo, pravítko, 4 dl minerálnej vody (Mattoni, Korytnica alebo Budiš), 4 dl vody z blízkej rieky, jazera, potoka alebo prípadne iba z vodovodu, 4 dl destilovanej vody.

1. Čo je povrchové napätie?

Kvapaliny sú podobne ako plyny tekuté. Na rozdiel od plynov sa však molekuly kvapaliny navzájom priťahujú dosť silno na to, aby držali spolu. Molekuly vody sa v kvapke môžu pomerne voľne pohybovať rôznymi smermi, pretože okolité molekuly vody ich priťahujú rôznymi smermi, takže výsledná sila pôsobiaca na molekulu vody vo vnútri kvapky je prakticky nulová (pozrite si obrázok 1). Keď sa však molekula vody dostane na povrch kvapky, situácia sa zmení. Vo vzduchu je asi 1000-krát menšia hustota molekúl, takže priťahujú molekuly vody na povrchu kvapiek podstatne slabšie, než ich priťahujú molekuly vody zvnútra kvapky. Na každú molekulu vody na povrchu kvapky teda pôsobí výsledná sila smerujúca dovnútra kvapky. Preto sa molekuly vody snažia zaujať tvar s čo najmenším povrchom. Veľkosť silového pôsobenia medzi molekulami kvapaliny charakterizujeme pojmom *povrchové napätie*. Povrchové napätie sa číselne rovná energii, ktorú musíme vynaložiť na zväčšenie povrchu kvapaliny o 1 m². Povrchové napätie destilovanej vody pri 20 °C má hodnotu 0,073 J/m². To znamená, že na zväčšenie povrchu vody o 1 m² spotrebujeme približne rovnakú energiu, ako na zdvihnutie závažia s hmotnosťou 1 g o 7,3 cm – rozhodne to nie je zanedbateľná hodnota a sily pôsobiace na kvapalinu v dôsledku povrchového napätia sú dôležité.

Olympiáda mladých vedcov 2011
Zadanie experimentálnej úlohy



Obrázok 1: Sily pôsobiace na molekuly vody vo vnútri kvapky a na jej povrchu
Zdroj: <http://quest.nasa.gov/space/teachers/microgravity/6surf.html>

Prečo sú kvapky guľaté a nie hranaté?

3b

Pomôžeme Vám s odpoveďou – skúste si vypočítať povrch 1 cm³ vody, ak by bola sústredená do tvaru gule a kocky. Výsledky vpíšte do tabuľky:

| | | |
|---|-----|-----------------|
| Kocka s objemom 1 cm ³ má hranu s dĺžkou | 10 | mm |
| Povrch kocky s objemom 1 cm ³ je | 600 | mm ² |
| Guľa s objemom 1 cm ³ má polomer | 6,2 | mm |
| Povrch gule s objemom 1 cm ³ je | 483 | mm ² |

Odpoveď:

$$V_{\text{kocka}} = a^3, \text{ odkiaľ } a = \sqrt[3]{V_{\text{kocka}}} = 10 \text{ mm}$$

$$S_{\text{kocka}} = 6a^2 = 600 \text{ mm}^2$$

$$V_{\text{guľa}} = \frac{4}{3} \pi r^3, \text{ odkiaľ } a = \sqrt[3]{\frac{3V_{\text{guľa}}}{4\pi}} = 6,2 \text{ mm}$$

$$S_{\text{guľa}} = 4\pi r^2 = 483 \text{ mm}^2$$

Pri danom objeme kvapky má guľa menší povrch ako kocka, a preto má menšiu povrchovú energiu.

Správne vyplnená tabuľka.....2b

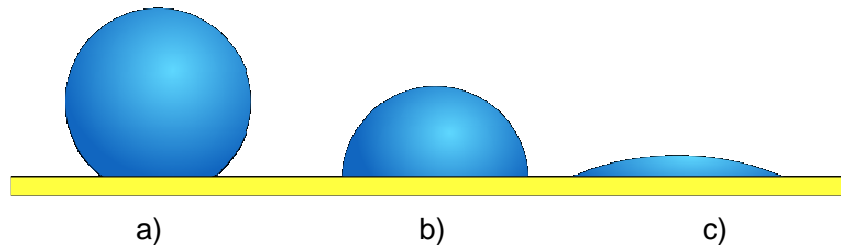
Správne vysvetlenie.....1b

Ak umiestnime kvapku na podložku, pôsobia sily aj medzi molekulami vody a molekulami (alebo atómami) podložky. Na obrázku 1 tieto sily nie sú zakreslené. Ak sú molekuly vody priťahované

Olympiáda mladých vedcov 2011

Zadanie experimentálnej úlohy

k podložke slabo, kvapka má takmer guľový tvar (obrázok 2a). Takéto povrchy nazývame *hydrofóbné* (z gréčtiny - „boja sa vody“). Naopak, ak sú sily medzi molekulami vody a podložky veľké, kvapka sa roztečie (obrázok 2c). Povrchy s takouto vlastnosťou nazývame *hydrofilné* (z gréčtiny - „majú radi vodu“).



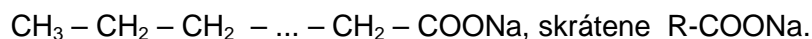
Obrázok 2: Tvary kvapky na podložke

Zdroj: http://sk.wikipedia.org/wiki/S%C3%BAbor:Surface_tension.svg

2. Čo spôsobí vo vode mydlo alebo saponát?

Z hľadiska vzájomnej miešateľnosti (rozpustnosti), môžeme kvapaliny rozdeliť do dvoch skupín. Prvou sú kvapaliny, ktoré majú *polárne* molekuly. Typickým predstaviteľom je voda, kde záporný náboj je sústredený na kyslíku a kladný na vodíkoch (molekula je elektricky polarizovaná), ďalej alkoholy, glycerín a podobne. Polárne kvapaliny sa navzájom dobre miešajú (napríklad vieme vytvoriť vodné roztoky kyselín, alkoholu a podobne). Druhou skupinou sú kvapaliny, ktoré majú *nepolárne* molekuly. Typickým predstaviteľom sú organické uhľovodíky $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \dots - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ obsiahnuté v benzíne, ďalej tuky, oleje a podobne. Aj nepolárne látky sa navzájom veľmi dobre miešajú a rozpúšťajú. Preto vieme masť rozpustiť v benzíne a tak ich odstrániť z odevu.

Mydlá sú sodné a draselné soli vyšších mastných kyselín a majú veľmi zvláštne molekuly v tvare nepolárnych reťazcov podobných uhľovodíkom. Reťazce sú nepolárne, ale na ich koncoch sídli karboxylová skupina obsahujúca napríklad sodík:



Ako a z čoho sa tradičným spôsobom pripravuje mydlo?

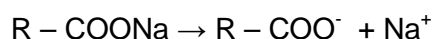
2b

Odpoveď:

Mydlo sa vyrába procesom nazývaným zmydelňovanie. Ide o reakciu prírodných tukov (t.j. esterov vyšších karboxylových kyselín a trojmocného alkoholu glycerolu) s roztokom hydroxidu sodného alebo hydroxidu draselného, pri ktorej vzniká soľ – mydlo a glycerol. Tradične sa mydlo vyrába pri teplote 80 – 100°C, proces ale môže prebiehať aj za studena.

Dva body dostali len tí, ktorí pomenovali oba reaktanty. Ak ste napísali, že ide o reakciu tukov s anorganickými látkami, ale nespomenuli ste, že ide o hydroxid, za túto odpoveď ste dostali 1b.

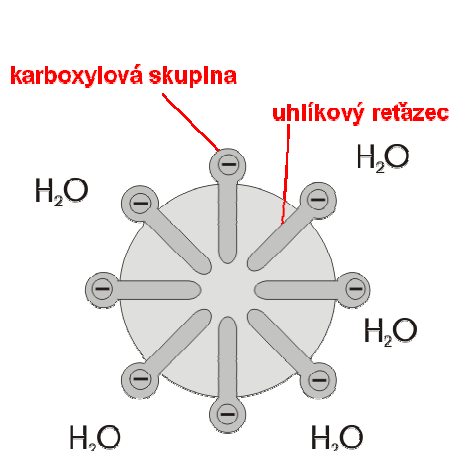
Vo vode molekula mydla disociuje za vzniku kladného iónu Na^+ a záporného reťazca:



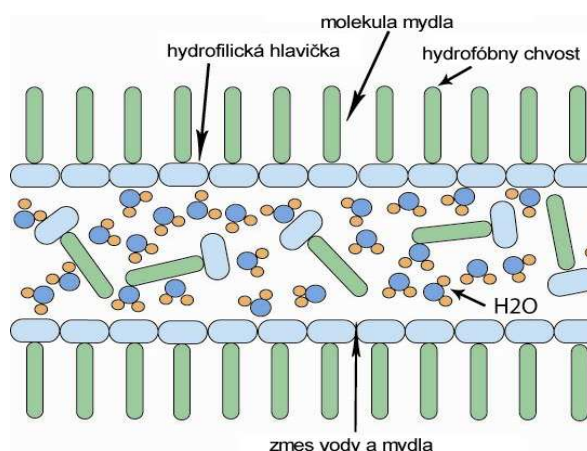
Olympiáda mladých vedcov 2011

Zadanie experimentálnej úlohy

Z hľadiska polárnosti má reťazec zvláštne vlastnosti: jeho prevažná časť je nepolárna (odpuďzuje molekuly vody a priťahuje nepolárne reťazce okolitých molekúl – napríklad mydla), ale koniec so zvyškom karboxylovej skupiny je polárny (priťahuje molekuly vody). Výsledkom je, že mydlová voda rada tvorí tenké filmy a micely:



Obrázok 3: Micela mydla vo vode

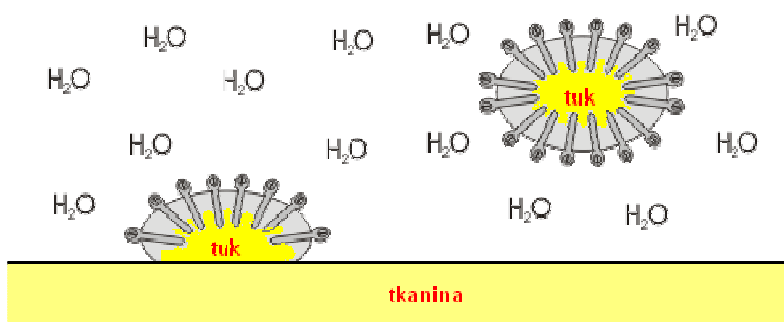


Obrázok 4: Štruktúra filmu z mydlovej vody

Zdroj: <http://cs.wikipedia.org/wiki/M%C3%BDdlo>,
<http://www.mae.buffalo.edu/research/laboratories/combustionlab/Flowing%20soap%20films/Flowing%20soap%20films.htm>

Mydlo znižuje povrchové napätie vody, takže na vytvorenie veľkého povrchu filmov nie je treba veľa energie (sú preto stabilné).

Mydlová voda tiež účinne odstraňuje masťné nečistoty. Nepolárne konce molekúl mydla sa spoja (zmiešajú) s molekulami tuku, čím vznikne kvapôčka tuku obalená mydlom. Polárne konce molekúl mydla umožňujú obalenie kvapôčiek tuku vodou:



Obrázok 5: Pranie tkaniny mydlovou vodou

Zdroj: http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Mydlo_micela-tuk.png

Podobné nepolárne molekuly s polárnym koncom, ako má mydlo, majú aj iné látky pripravené napríklad z vyšších masťných kyselín, aminov a podobne. Spoločne ich nazývame saponátmi. Často majú v porovnaní s mydlom silnejšie účinky. Z ekologického hľadiska sú však problematickejšie. Prečo? **2b**

Odpoveď:

Olympiáda mladých vedcov 2011

Zadanie experimentálnej úlohy

Saponáty, na rozdiel od mydla, sa v prírode ťažšie rozkladajú a znečisťujú životné prostredie, navyše niektoré obsahujú nebezpečné fosfáty.

Je známe, že mydlo sa nepení v tzv. tvrdej vode. V našich geologických podmienkach je za tvrdosť vody zodpovedný najčastejšie hydrogénuhličitan vápenatý $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Čo sa stane s mydlom, ktoré pridáme do takto tvrdej vody? **2b**

Odpoveď:

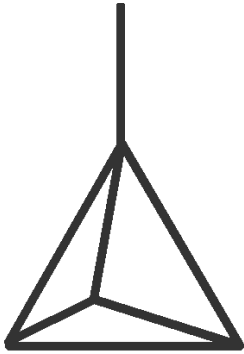
Prebehne chemická reakcia medzi mydlom a hydrogénuhličitanom vápenatým, pričom vzniká biela vložkovitá nerozpustná zrazenina.

Rovnicu reakcie nebolo nutné uvádzať, ale ocenili sme ju bonusovým bodom:



3. Experimentujeme s mydlovou vodou

Pripravte si asi 0,5 l vody s mydlom alebo saponátom. Množstvo mydla alebo saponátu vo vode musí byť také, aby sa ľahko vytvárali filmy a bubliny a aby nepraskali príliš rýchlo.



Potom si zlepením šiestich špáradiel alebo zápaličiek pripravte model štvorstenu – útvaru so štyrmi stenami v tvare rovnostranných trojuholníkov (obrázok 6). Siedme špáradlo nalepte ako rúčku.

Obrázok 6: Štvorsten s rúčkou zo špáradiel

Ponorte pripravený model štvorstenu do mydlovej vody a vytiahnite ho. Pozorujte tvar vytvorených mydlových filmov. Ich počet a tvar bude závisieť od spôsobu vytiahnutia modelu z vody. Napriek tomu, najčastejšie nebudú vznikajú štyri filmy v tvare stien štvorstenu, ale iný komplikovanejší útvar obsahujúci až šesť rovnakých rovinných častí. Opíšte slovnou, aký tvar má tento film. **2b**

Odpoveď:

Film sa skladá zo šiestich rovnakých trojuholníkov. Každý trojuholník má dva vrcholy spoločné s vrcholmi štvorstenu, tretí vrchol sa nachádza v ťažisku štvorstenu.

Prečo je pre mydlovú vodu takýto tvar filmu výhodnejší, než film natiiahnutý na štyroch stenách štvorstenu? Odmerajte rozmery filmu a pomocou nich svoje tvrdenie zdôvodnite aj výpočtom. **2b**

Odpoveď:

Plocha filmu natiiahnutého na štyroch stenách štvorstenu:

odmeriame dĺžku hrany štvorstenu – a

Olympiáda mladých vedcov 2011
Zadanie experimentálnej úlohy

odmeriame/vypočítame výšku trojuholníka, ktorý tvorí stenu štvorstena – $v = \frac{\sqrt{3}}{2}a$

$$\text{Plocha filmu} - S = 4 \frac{av}{2} = \sqrt{3}a^2$$

Plocha filmu zo šiestich trojuholníkov:

odmeriame dĺžku hrany štvorstena – a

odmeriame výšku jedného zo šiestich trojuholníkov, t.j. vzdialenosť stredu hrany od ťažiska štvorstena - v_t

(v tomto prípade je už výpočet veľmi komplikovaný a vyžaduje výbornú predstavivosť a priestorové videnie, preto nameraná hodnota úplne stačila)

$$\text{Plocha filmu} - S = 4 \frac{av_t}{2} = \frac{3}{2\sqrt{2}}a^2$$

(vypočítanú hodnotu uvádzame len pre tých, ktorí by si chceli skontrolovať presnosť svojho merania, v úlohe sme ju nevyžadovali)

$$\sqrt{3}a^2 > \frac{3}{2\sqrt{2}}a^2$$

Napríklad pre štvorsten s hranou dlhou 5 cm by bola plocha filmu natiahnutého na štyroch stenách štvorstenu 43,3 cm², film zložený zo šiestich trojuholníkov zaberá len plochu 26,5 cm².

To je dôvod, prečo je pre mydlovú vodu výhodnejší film vzniknutého tvaru – má takmer dvakrát menšiu plochu, a menšiu povrchovú energiu.

Výpočet plochy filmu natiahnutého na štyroch stenách štvorstena.....1b

Výpočet plochy filmu zo šiestich trojuholníkov.....1b

Správne vsvetlenie.....1b

Keďže meranie potrebné k druhému výpočtu bolo náročné, nevyžadovali sme veľkú presnosť výsledkov, dôležité bolo ukázať, druhá plocha je menšia, a teda je pre mydlový film výhodnejšia.

Ako sme už spomenuli, mydlová voda sa nepení v tvrdej vode. Tvrdosť vody je spôsobená v nej rozpustenými minerálnymi látkami a môže byť *prechodná* alebo *trvalá*. Prechodnú tvrdosť vody môžeme odstrániť jej prevarením, čím sa minerály spôsobujúce prechodnú tvrdosť vyzrážajú. Prechodnú tvrdosť vody spôsobuje napríklad už spomínaný hydrogénuhličitan vápenatý. Ak voda aj po prevarení obsahuje minerály spôsobujúce zrážanie mydla, hovoríme o trvalej tvrdosti.

Experiment A. Nastrúhajte alebo nakrájajte mydlo na pranie a rovnaké množstvo vsypte pomocou lyžice do každého pohára. Do prvého pohára pridajte 2 dl minerálky, do druhého vodu z jazera (alebo iného zdroja), do tretieho destilovanú vodu. Poháre uzavrite viečkami a obsah pretrepávajte asi 30 sekúnd. Pozorujte množstvo vzniknutej peny a prípadný vznik zrazeniny. Výsledky pozorovania zapíšte do tabuľky.

Olympiáda mladých vedcov 2011
Zadanie experimentálnej úlohy

Experiment B. Nechajte prevrieť a následne vychladnúť zvyšné 2 dl z každej vody, ktorá nevytvorila stálu bielu penu. Potom zopakujte experiment s takto upravenou vodou. Výsledky pozorovania (vznik a množstvo peny alebo zrazeniny) zapíšte do tabuľky.

Akú tvrdosť vody môžeme prisúdiť minerálke? Akú vode z jazera a destilovanej vode? Výsledky svojho zistenia vpište do tabuľky. **5b**

| | Minerálna voda | Voda z jazera, ... | Destilovaná voda |
|---|-------------------|-----------------------------|------------------|
| Experiment A (neupravená voda) (veľa bielej peny, pení trochu, nepení, vznikla zrazenina) | vznikla zrazenina | pení trochu | veľa bielej peny |
| Experiment B (prevarená voda) (veľa bielej peny, pení trochu, nepení, vznikla zrazenina) | vznikla zrazenina | veľa bielej peny | veľa bielej peny |
| Zistená tvrdosť vody (mäkká, prechodne tvrdá, trvalo tvrdá) | trvalo tvrdá | prechodne tvrdá až mäkká | mäkká |

Typ tvrdosti vody z jazera (potoka) závisí od zvolenej vzorky, hodnotili sme len správne vyhodnotenie výsledkov experimentu.

Minerálna voda.....2b
Voda z jazera.....2b
Destilovaná voda.....1b

Napíšte chemické vzorce zlúčenín, ktoré spôsobujú túto vlastnosť minerálnej vody. **2b**

Odpoveď:

Trvalú tvrdosť vody spôsobujú sírany CaSO_4 a MgSO_4 .

Pokiaľ ste minerálnu vodu považovali za prechodne tvrdú a napísali ste, že túto vlastnosť spôsobujú hydrogénuhličitaný $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ a $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, dostali ste 1b.

4. Micely a trávenie

V tukoch sú rozpustené niektoré druhy vitamínov dôležitých pre zdravie človeka. Tukey sú však vo vode nerozpustné a nemohli by sa vstrebať v tenkom čreve. Preto jeden z orgánov ľudského

Olympiáda mladých vedcov 2011

Zadanie experimentálnej úlohy

tela produkuje látky, vďaka ktorým sa z tukov v potrave vytvoria drobné micely, ktoré sa potom už v tenkom čreve vstrebávajú a nesú so sebou aj v tukoch rozpustené vitamíny. Ľudia trpiaci poruchou tvorby týchto látok, majú ťažkosti pri trávení tukov a potrebujú špeciálnu diétu.

Ktoré vitamíny sú rozpustné v tukoch?

2b

Odpoveď:

Vitamíny A,D,E a K, prípadne je možné zaradiť k nim vitamín F – nenasýtené mastné kyseliny.

Na plný počet bodov stačilo uviesť len vitamíny A, D, E a K.

Ktorý orgán produkuje látky umožňujúce vznik tukových micel?

2b

Odpoveď:

Pečeň. Tá vytvára žlč, ktorá umožňuje tvorbu tukových micel.

Viacerí ste nám napísali, že látky umožňujúce vznik tukových micel produkuje žlčník. Faktom je, že žlčník je len akási zásobáreň žlče, ktorú produkuje pečeň. Za žlčník ste teda mohli získať len 1b.

BONUS

Ako odmenu za presné a jasné formulovanie odpovedí, fotografie z experimentov, ktoré ste nám poslali, alebo za chemické rovnice, ktoré sme nevyžadovali, ale vy ste si ich z vlastnej iniciatívy našudovali a pripojili k svojmu riešeniu, sme udeľovali bonus maximálne 5 bodov.

Medzi odpoveďami sa bohužiaľ vyskytli aj také dvojice, ktoré boli nápadne rovnaké, teda očividne odpísané. Keďže toto je súťaž jednotlivcov a odpisovanie odpovedí nemôžeme tolerovať, rozhodli sme sa penalizovať nesprávne odpovede, ktoré sa vyskytli len u dvojice žiakov z rovnakej školy a u nikoho iného, automatickým udelením bonusu 0 bodov.

Želáme Vám veľa zábavy pri riešení úloh. Svoje riešenie nezabudnite včas (do 21.3.2011) odoslať organizátorom súťaže IJSO pomocou portálu <http://www.ijsosk.sk>.

Ak ste pri riešení úlohy urobili peknú fotografiu alebo nakreslili obrázok, môžete nám na portáli súťaže odoslať okrem riešenia aj ich digitálnu podobu (môžete poslať aj niekoľko samostatných dokumentov, nie nevyhnutne iba jeden súbor s riešením).

*Kolektív autorov: František Kundracik, Martin Plesch
a Renáta Dörnhöferová*