

## Hydrofobní, “magický” písek

Krátký experiment demonstrující chování hydrofobních látek ve vodném prostředí a změnu chování v prostředí nepolárního rozpouštědla. Experiment doporučuji zařadit jako součást výkladu slabých vazebných interakcí. Pokus je velmi jednoduchý a krátký a nevyžaduje žádné speciální pomůcky kromě hydrofobního písku (k sehnání pod označením *magický písek*, je možné si ho připravit i doma nebo ve škole).

Téma hydrofobní látky je možné zařadit například do obecné chemie v rámci tématu chemická vazba nebo na úvod biochemie v souvislosti s biochemickými makromolekulami jejich prostorovým uspořádáním a chováním ve vodném prostředí (spolu s dalšími slabými vazebnými interakcemi).

**Téma:** Hydrofobní interakce

**Zařazení do RVP:** obor Chemie – Obecná chemie - chemická vazba a vlastnosti látek; Organická chemie, nebo Biochemie

**Úroveň:** střední škola (téma Hydrofobní interakce spadá do skupiny slabých vazebných interakcí, vyskytuje se v různých oblastech chemie, viz zařazení do RVP)

**Organizační forma výuky:** LP

**Doba trvání:** 1VH

**Cíl:** Student vysvětlí princip vzniku hydrofobních interakcí. Charakterizuje látky, které se daných interakcí zúčastňují, uvede příklady výskytu hydrofobních interakcí.

**Pomůcky a chemikálie:**

- experiment s hydrofobním pískem: hydrofobní písek; laboratorní vana (nebo průhledná plastová miska např. od zmrzliny); lžička; větší injekční stříkačka, brčko nebo plastový sáček; kádinka; filtrační papír; aceton
- demonstrační experiment: 2 kádinky; obyčejný písek; hydrofobní písek; voda
- příprava hydrofobního písku: jemný, čistý písek; silikonová impregnace (na stany, obuv, deštníky, ...); trouba; plech

Poznámka k pomůckám: Hydrofobní písek je možné koupit např. na těchto internetových stránkách:

<http://www.tvojedarky.cz/d-hydrofobni-pisek.html>

<http://www.darkoland.cz/hydrofobni-pisek-202-671-2>

<http://smartstore.get2shop.com/chytre-hracky/2326-hydrofobni-pisek.html>

**Teorie:**

### *Hydrofobní látky*

Hydrofobní, neboli vodu odpuzující látky, jsou látky nepolární. To znamená, že v jejich molekulách nenajdeme permanentní elektrické dipóly. Elektrický náboj je v jejich molekulách rovnoměrně rozprostřen.

Jednoduše můžeme odhadnout polaritu dané látky podle elektronegativity jednotlivých atomů, které jsou k sobě v jejich molekulách vázané. Teorie je taková, že pokud je rozdíl elektronegativit mezi dvěma atomy ve vazbě menší než 0,4, jedná se o vazbu nepolární. Dva atomy s více odlišnými elektronegativitami (rozdíl větší než 0,4) tvoří vazby polární, případně iontové. Vyskytují-li se v molekule pouze vazby nepolární, jedná se o látku nepolární.

S polárními vazbami to není tak snadné, protože i molekula obsahující samé polární vazby může být ve výsledku nepolární. Záleží na geometrii molekuly. Výsledný dipólový moment (součet dipólových momentů jednotlivých vazeb) se může rovnat nule. Nerovnoměrné rozdělení elektrického náboje mezi atomy je pak v rámci celé molekuly rozloženo rovnoměrně a molekula je nepolární (viz obr. 1).

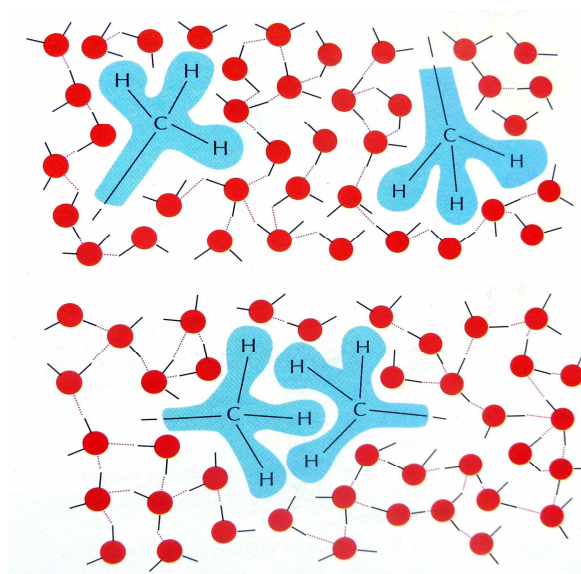
V některých molekulách se vyskytují polární i nepolární vazby. Jejich charakter je pak hydrofobní i hydrofilní (to jsou například tenzidy obsažené v čistících prostředcích).

K vytvoření hydrofobní interakce však samotné hydrofobní látky nestačí. Abychom mohli mluvit o hydrofobní interakci, je třeba umístit nepolární látku do vody nebo vodného roztoku nějaké jiné polární

látky. Pak teprve se hydrofobní látka začne chovat hydrofobně.

Proč však nepolární látky odpuzují vodu? Molekuly vody, jakožto polární částice, s molekulami nepolární látky, kterou do vody ponoříme, neinteragují pomocí vodíkových vazeb. Nepolární látka není totiž schopna tvořit H-můstky a začlenit se tak do struktury vody, chybí jí také permanentní dipóly, které by přitahovaly částečné náboje na vodíku a kyslíku v molekulách vody. Vodíkové můstky spojující molekuly vody jsou řádově silnější než interakce, které by mohly vzniknout mezi molekulami vody a molekulami hydrofobní látky. Ty se shlukují k sobě a minimalizují tak styk s vodou. Díky tomu je celý systém stabilnější [1]. Nedá se tedy říci, že hydrofobní látky odpuzují vodu nebo se jí bojí. Jde spíše o to, že pro molekuly vody je energeticky výhodnější tvořit vazby mezi sebou, čímž v podstatě dotlačí molekuly hydrofobní látky k tomu, aby se shlukovaly. Shluky zaujmají v ideálním případě tvar koule (z těles má relativně nejmenší povrch, takže styk s vodou je minimální), pokud se vyskytují ve 2D prostoru, tak tvar kruhu, např. olej na vodě. Chování hydrofobních látek ve vodě pozorujeme v životě velmi často, třeba když se snažíme bez saponátu umýt mastnou pánev.

Které látky jsou hydrofobní (nepolární)? Jedná se o látky tvořené stejnojadernými dvouatomovými molekulami (např. jód,  $I_2$ ), nebo látky složené z molekul s atomy s blízkými elektronegativitami. Velkou a významnou skupinu hydrofobních látek tvoří uhlovodíky a některé jejich deriváty. Praktické může být také vědět, jak je možné hydrofobní látky rozpouštět. V takovém případě je třeba použít nějaké nepolární rozpouštědlo, jako je třeba benzín, benzen nebo ether, tedy různá organická rozpouštědla.



*Chování hydrofobní látky (methylových skupin, modře) ve vodě (červeně, molekuly vody ponořeny vodíkovými můstky)*

### **Síla hydrofobních interakcí**

Hydrofobní interakce patří mezi slabé vazebné interakce. Přestože samy o sobě jsou slabší než např. H-můstky, jejich síla spočívá ve velkém množství takto interagujících skupin atomů. Ve velkých molekulách jako jsou proteiny hrají stejně významnou roli jako zmíněné H-můstky. Jejich síla závisí na teplotě systému nebo tvaru a charakteru nepolárních látek, které hydrofobní interakce vytvářejí [1].

### **Význam hydrofobních interakcí v biochemii**

Pro živé systémy jsou hydrofobní interakce nezbytné. Podílejí se na vzniku a stabilizaci biologických membrán, odpovídají za správné prostorové uspořádání biologických makromolekul (např. proteinů), ovlivňují interakce signálních molekul (např. hormonů) s membránami a interakce antigenů a protilátek, využívají se také v některých biochemických metodách (např. chromatografie s hydrofobní interakcí).

### **Co je tzv. magický písek a k čemu slouží?**

Při výrobě “magického” písku se běžný písek obalený vrstvou čistého oxidu křemičitého vystavuje párám organické látky trimethylsilanolu. Vzniká tak hydrofobní vrstva obsahující methylové skupiny, díky níž je písek vodou nesmáčivý [2].

Původně byl tento písek vyráběn pro čištění ropných skvrn na moři. Idea byla taková, že se na skvrnu

nasype dostatečné množství písku, ten nasákne ropou a ponoří se na dno moře, odkud už bude snadné jej vytěžit. Tato technika se však neujala kvůli vysoké ceně hydrofobního písku. Své využití by mohl najít v arktických oblastech, protože nezamrzá. Může se také přidávat do květináčů jako provzdušňovací prostředí pro rostliny [2]. Uplatnění by mohl nalézt i ve stavebnictví, jako izolant různých potrubí před spodní vodou [3]. Je to také zábavná hračka pro děti.

**Motivační úvod hodiny:** Hodina začíná jednoduchým demonstračním experimentem, kdy učitel nalije do kádinky s normálním pískem a do kádinky s hydrofobním pískem vodu. Studenti pozorují, že hydrofobní písek zůstal, na rozdíl od toho běžného, suchý. K tomu vznesl učitel otázku – *Jak namočit “magický” písek? V čem se asi liší od normálního písku?*

### **Experiment – postup:**

Do laboratorní vany nebo plastové misky nalijeme vodu. Sypeme do ní hydrofobní písek – ideální je použít mikrotenový sáček s ustriženým jedním rohem (jako při zdobení cukroví) nebo laboratorní lžičku, abychom získali zajímavé tvary písku ve vodě. Pokud písek lžičkou vyndáme z vody, zjistíme, že je suchý. Poté slijeme větší část vody (sléváme přes filtrační papír, abychom nevytlili i písek) tak, aby písek zůstal ponořený, ale v kádince zbylo minimum vody (opatrně, jakmile se písek dostane na povrch vody, je těžké jej znovu ponořit). Necháme studenty, aby vymysleli, jak by bylo možné písek namočit, co bychom měli přidat. Můžeme jim připomenout, že voda je rozpouštědlo a že patří do určité skupiny rozpouštědel (polárních). Sami by měli přijít na to, že musíme přidat nějaké nepolární rozpouštědlo. Dáme jim k dispozici aceton. Necháme studenty, aby přilili takové množství, až se písek namočí (rozpustí).

### **Závěr VH:**

Součástí materiálů k tomuto experimentu je pracovní list pro studenty. Uvádí stručný postup a obsahuje také několik otázek a úkolů týkajících se daného experimentu a hydrofobních interakcí obecně. Poslední otázka směřuje k významu hydrofobních interakcí v biochemii. Uvádí, že tyto interakce jsou klíčové pro správné prostorové uspořádání proteinů.

Pokud se studenti ještě této skupině látek v biochemii nevěnovali, bylo by možné poukázat na souvislost tohoto experimentu s denaturací proteinů. V buňkách, tedy v podstatě ve vodném prostředí, je terciární struktura proteinů stabilizována mimo jiné hydrofobními interakcemi. Pokud se proteiny dostanou do styku s hydrofobními rozpouštědly, jejich prostorové uspořádání se naruší a zbyde jen struktura primární (protein je denaturován). Hydrofobní zbytky aminokyselin, které byly u správně složeného proteinu uzavřeny uvnitř molekuly proteinu a izolovány tak od okolní vody, se v hydrofobním prostředí dostávají na povrch. Tam pak interagují jak s nepolárním rozpouštědlem tak s hydrofobními zbytky aminokyselin dalších molekul denaturovaných proteinů a tvoří sraženinu. Je to podobné jako přidávání ethanolu k hydrofobnímu písku ve vodě. Ethanol proniká do shluků hydrofobního písku, a pokud je ho v roztoku dostatek, písek se v něm jakoby rozpustí, namočí se.

### **Příprava hydrofobního písku:**

Hydrofobní písek je možné koupit (je však relativně drahý), ale i jednoduše vyrobit. Stačí k tomu obyčejný písek, silikonová impregnace (na boty, stany, oděvy), plech a trouba.

Písek propláchneme, rozprostřeme na plech a hodinu pečeme v troubě na 200°C (kvůli vysušení). Po zchladnutí jej důkladně postříkáme impregnací z jedné strany, pak počkáme, až uschne, promícháme, novu postříkáme impregnací, celý proces několikrát opakujeme, dokud nemáme pocit, že jsou zrnka písku celá obalena impregnací. Necháme do druhého dne uschnout.

### **Literatura:**

1) [http://chemwiki.ucdavis.edu/Physical\\_Chemistry/Physical\\_Properties\\_of\\_Matter/Intermolecular\\_Forces/Hydrophobic\\_interactions](http://chemwiki.ucdavis.edu/Physical_Chemistry/Physical_Properties_of_Matter/Intermolecular_Forces/Hydrophobic_interactions) (14.1. 2013)

2) [http://www.csun.edu/~al9628/coursework/695/discrepant\\_magicsand/discrepant\\_event\\_magicsand.html](http://www.csun.edu/~al9628/coursework/695/discrepant_magicsand/discrepant_event_magicsand.html) (15.1. 2013)