

Úloha II.E ... Ředím, ředíš, ředíme.

4 body; průměr 1,85; řešilo 60 studentů

Se zadáním jste dostali 2 kovové kancelářské sponky. Pokud budete dostatečně šikovní, pak položíte kovovou sponku na hladinu čisté vody tak, aby na ní plavala.

Když ale do vody přidáte trochu mýdla, tak tento úkol už není tak jednoduchý.

Při jaké koncentraci mýdla sponka „dobrovolně“ klesne na dno? Nezapomeňte měření zopakovat vícekrát a popsat chybu měření!

Pokud položíme kancelářskou sponku na hladinu tak, aby se nepotopila, potom říkáme, že sponka plove na hladině. Docílit toho, aby na hladině plavala (třeba kraula) se nám asi těžko podaří. To, že sponka plove na hladině vody i přesto, že je těžší než voda, je způsobeno povrchovým napětím vody.

Uvnitř kapaliny na molekulu vody působí přitažlivé síly okolních molekul ze všech stran a výslednice sil je nulová. U rozhraní voda-vzduch jsou „krajní“ molekuly přitahovány molekulami vody, které jsou jenom z jedné strany, a tudíž si kapalina „drží“ krajní molekuly. Proto kapaliny vytváří kapky.

Tyto síly také způsobí, že sponka plove na hladině a nepotopí se. Když přidáme dostatečné množství tekutého mýdla nebo prostředku na mytí nádobí (těmto látkám říkáme detergenty), tak se povrchové napětí sníží a sponka klesne ke dnu.

Mnozí z vás jste přišli na to, že po přidání nejmenšího měřitelného množství (cca 0,1 ml) detergentu se sponka potopí. Odtud vidíme, že množství, které stačí na potopení, bude celkem malé. Proto si nejprve připravíme roztok vody s detergentem a ten budeme přidávat. Tímto způsobem můžeme připravit výsledný roztok, kde je jen velmi málo detergentu (10^{-3} ml).

Naměřené hodnoty

Výsledky měření udává tabulka 1.

Tabulka 1: Naměřené hodnoty.

směs č.	0	1	2	3	4	5
objem vody [ml]	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
objem mýdla [ml]	–	1	–	–	–	–
objem směsi č.1 [ml]	–	–	1	5	10	15
počet spadlých sponek [ks]	0	10	0	0	1	10
počet plovajících sponek [ks]	10	0	10	10	9	0
koncentrace detergentu [10^{-5}]	0	9 990	9,98	49,7	98,9	148



V této tabulce najdete i vypočtené objemové koncentrace roztoku podle vzorce

$$w = \frac{V_1 w_1 + V_2 w_2}{V_1 + V_2},$$

kde w je výsledná objemová koncentrace, V_n je objem n -té složky a w_n je objemová koncentrace n -té složky.

Výsledky

Na sponku působí její tíha, která je kompenzována silami, které vyvolává povrchové napětí. My tyto síly zmenšujeme, až při určité koncentraci jsou překonány a sponka klesne ke dnu. Výsledná koncentrace bude v intervalu koncentrací, který je ohraničen takovými koncentracemi, kdy z měření určitě víme, že sponky buď plovou na hladině, nebo klesají ke dnu.

Objemová koncentrace, kdy sponka klesne ke dnu, je zaokrouhleně $(10 \pm 5) \cdot 10^{-4}$. Vidíme, že naše měření je zatíženo velkou chybou. Takže můžeme spíše mluvit o úspěšném řádovém odhadu: zjistili jsme, že i velmi malá koncentrace detergentu má na povrchové napětí velký vliv.

Petr Pecha
xlfd@fykos.cz

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci MFF UK a podporován Ústavem teoretické fyziky MFF UK, jeho zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.
Pro zobrazení kopie této licence, navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.