

Úloha I.E ... Tekutý poklad

7 bodů; průměr 3,64; řešilo 73 studentů

Vaším úkolem bude změřit, jaký největší objem vody je možné nakapat¹ na mince o hodnotách 10 Kč a 50 Kč tak, aby se kapka na minci udržela. Aby bylo vaše měření přesné, pro každou minci jej zopakujte alespoň 10-krát a naměřené hodnoty zprůměrujte.

Pak experiment zopakujte s vodou, do které přidáte trochu prostředku na mytí nádobí. Jak se změnila schopnost vody tvořit velké kapky? Kolikrát se zvětšil nebo zmenšil průměrný objem kapky?

Teorie

Všechno v přírodě se snaží mít co nejmenší energii. V případě rozhraní dvou tekutin to znamená, že tekutiny se snaží mít co nejmenší plochu vzájemného rozhraní. Tuto vlastnost tekutin (mít co nejmenší povrch) charakterizuje tzv. povrchové napětí. Podrobně vysvětlit tento jev by znamenalo zabrouzet do složitější fyziky, a proto nám bude stačit poznatek, že čím větší je povrchové napětí, tím víc se daná tekutina snaží „smrsknout“. V ideálním případě by se tekutina měla dostat do tvaru koule, avšak v důsledku deformací způsobených tíhovou silou nepozorujeme kulové, ale oválné kapky.

V našem případě kapka na minci bude růst více, než bychom čekali. Kapka se totiž z mince vylije až tehdy, když síly způsobující deformaci kapky (způsobeny zejména tíhovou silou) překonají síly povrchového napětí. V onen okamžik se povrchová blanka kapky „protrhne“.

Přidáním jaru do vody se povrchové napětí vody sníží. Proto bychom měli pozorovat, že po přidání jaru se budou na mincích držet kapky s menším objemem.

Měření

Experiment v tomto případě nebyl nijak extrémně složitý. Bylo zapotřebí si sehnat injekční stříkačku s co nejmenším objemem (ideálně 2 ml až 3 ml), aby měla dostatečně jemnou stupnici a naše měření mohlo být dostatečně přesné. Dále bylo potřeba sehnat mince v hodnotě 10 Kč a 50 Kč, které jsme umístili na vodorovnou plochu. Pokud bychom mince neumístili vodorovně, z jedné strany by na povrchovou blanku působila větší složka tíhové síly proti síle povrchového napětí. K protržení povrchové blanky by tak došlo dříve, což by naše měření znepřesnilo. Posléze již stačilo nabrat do stříkačky vodu, při čemž jsme si museli dávat pozor, aby ve stříkačce nebyly žádné vzduchové bublinky a abychom ve stříkačce měli známý objem vody (abychom mohli po nakapání určit, kolik vody jsme vlastně vykapali).

Měření jsme zopakovali 10-krát pro každou minci. Mezi každým měřením jsme minci osušili, abychom měli všechna měření za stejných podmínek. Při druhé sadě měření jsme do vody kapli trochu jaru a měření opět 10-krát zopakovali.

Naměřené hodnoty

Při zpracování naměřených dat nesmíme zapomenout na chybu měření. Chyby měření se dají spočítat mnoha způsoby, ale v našem případě si vystačíme se základní chybou jednoho měření, kterou spočteme jako $\Delta V = |V - \bar{V}|$, kde V je změřený objem a \bar{V} je naměřený aritmetický průměr deseti měření.

¹Na kapání doporučujeme použít co nejmenší injekční stříkačku, nejlépe s objemem 2 ml.

Absolutní chybu průměrného objemu $\Delta\bar{V}$ pak spočítáme jako aritmetický průměr těchto odchylek a relativní odchylku jako

$$\delta V = \frac{\Delta V}{\bar{V}} \cdot 100\%,$$

tedy jako procentuální poměr absolutní odchylky k průměrné hodnotě.

Tabulka 1: Naměřené hodnoty. Vlevo měření s vodou, vpravo s jarem.

číslo pokusu	voda				voda s jarem			
	10 Kč		50 Kč		10 Kč		50 Kč	
	V/ml	ΔV /ml	V/ml	ΔV /ml	V/ml	ΔV /ml	V/ml	ΔV /ml
1	2,0	0,0	2,8	0,1	1,1	0,0	2,0	0,1
2	2,1	0,1	2,6	0,1	1,0	0,1	2,1	0,0
3	2,0	0,0	2,6	0,1	1,2	0,1	2,1	0,0
4	2,0	0,0	2,8	0,1	1,2	0,1	2,2	0,1
5	2,1	0,1	2,7	0,0	1,0	0,1	2,2	0,1
6	1,9	0,1	2,6	0,1	1,1	0,0	2,1	0,0
7	2,0	0,0	2,7	0,0	1,0	0,1	2,0	0,1
8	2,1	0,1	2,9	0,2	1,1	0,0	2,2	0,1
9	1,9	0,1	2,7	0,0	1,1	0,0	2,0	0,1
10	1,9	0,1	2,6	0,1	1,2	0,1	2,1	0,0
průměr	2,0	0,1	2,7	0,1	1,1	0,1	2,1	0,1

Výsledek

Z našich naměřených dat vidíme, že objem kapky vody, kterou lze nakapat na desetikorunu je $(2,1 \pm 0,1)$ ml (relativní chyba 5 %) a na padesátikorunu $(2,7 \pm 0,1)$ ml (relativní chyba 4 %).

V okamžiku, kdy jsme do vody přidali jar, objem kapky se snížil na $(1,1 \pm 0,1)$ ml (chyba 10 %) a $(2,1 \pm 0,1)$ ml (chyba 5 %). Vidíme tedy, že přidáním jaru se objem kapky snížil na cca 50 % až 70 %. Tento poměr samozřejmě závisí na množství jaru, které jsme do vody přidali.

Diskuse

Měření je docela přesné a to hlavně proto, že jsme použili stříkačku s dostatečně jemnou stupnicí s nejmenším dílkem 0,5 ml. Největší chyba měření je způsobena tím, že povrchová blanka vody praskne až při dodání celé poslední kapky, takže dodáme o něco víc vody, než by bylo třeba. Další nepřesností je odečítání objemů na stříkačce, nedokonale vyrovnaná mince a podobně.

Jakub Sláma

slama@vyfuk.mff.cuni.cz

Korespondenční seminář Výfuk je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci MFF UK a podporován Katedrou didaktiky fyziky MFF UK, jejími 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/>.