

21. ročník, úloha V . E ... životní etapy Ramy (8 bodů; průměr 4,31; řešilo 16 studentů)

Bude mít Rama jiné fyzikální vlastnosti, poté co ji roztavíte a opět necháte ztuhnout? Doporučujeme měřit hustotu, viskozitu či barvu. Vytlačil Marek Pechal.

Rozpouštělo se všechno možné, většinou Rama, občas i máslo, Flóra, Perla, rostlinný tuk a na Slovensku došlo i na Veto. Určovali jste v první řadě změnu barvy, dále pak změnu hustoty, ti odvážnější i změnu chuti a zápachu. Musíme vyzdvihnout řešení *Zuzany Dočekalové*, která na Ramě měřila hustotu, absorpční spektrum, reflektanci, fázový přechod, rozpustnost a pH.

Teorie

Ramu můžeme rozpouštět v běžných kuchyňských nádobách, nejlépe však ve vodní lázni, abychom zůstali v mezích rozumných teplot. Po opětovném ztuhnutí přestane emulgátor působit a Rama se nám začne rozdělovat na dvě složky. Pokud bychom Ramu ohřívali ve vhodné nádobě jako *Zuzana Dočekalová* a *Veronika Paštyková*, tak bychom obě složky od sebe rozdělili. Horní žlutá rychle tuhne a pod ní naopak složka bílé barvy, která za běžné teploty netuhne.

K měření hustoty použijeme definičního vztahu

$$\rho = \frac{m}{V}.$$

Objem i hmotnost dokážeme měřit poměrně přesně i v podmínkách běžné domácnosti, pokud bychom však potřebovali pouze rychlé orientační porovnání s hustotou např. vody, můžeme dle Archimédova zákona porovnat ponořenou část Ramy s jejím celkovým objemem.

K měření barvy použijeme digitální fotoaparát, jak jste správně poukazovali. Abychom však mohli výsledky porovnávat, je nutné zaručit stálost osvětlení a zbavit se automatického vyvážení bílé. Na jakou hodnotu však bílou vyvážit? Pokud výstup neměříme absolutně, ale pouze relativně, nastavme ji tak, aby rozdíly vynikly a my je mohli porovnat. Vhodné je umístit si do záběru libovolný referenční barevně stálý objekt, který by měl mít na obou fotografiích stejnou barvu. Pokud se nám to vše povede, můžeme na počítači provést barevný rozklad. S výhodou použijeme tzv. HSV¹ model. Ještě podotkneme, že i měření subjektivní má svoji hodnotu a přímé porovnání může přinést své výsledky.

Měření viskozity se nejlépe povedlo *Tereze Steinhartové*, která užila Poiseuillovu rovnici pro průtok kapaliny kapilárou o poloměru r a délce l

$$Q_V = \frac{\pi r^4}{8\eta l} \Delta p,$$

kde Q_V je objemový průtok Ramy, neboli $Q_V = V/t$, Δp přetlak v kapiláře a η námi měřená viskozita. Nejlépe bychom měli provádět měření relativní. Mějme tedy kapalinu se známou viskozitou η_{ref} , pak

$$\frac{\eta}{\eta_{\text{ref}}} = \frac{t}{t_{\text{ref}}} \cdot \frac{\rho}{\rho_{\text{ref}}},$$

kde t a t_{ref} jsou doby průtoku jistého objemu měřené a referenční kapaliny, ρ a ρ_{ref} pak hustoty kapalin, okamžitě můžeme použít předchozího měření.

Zápach, resp. chuť, měříme běžným přičichnutím, resp. ochutnáním. Pro lepší výsledky můžeme přizvat více pozorovatelů.

¹⁾ Hue – barevný tón, odstín. Saturation – sytost, množství šedi. Value – hodnota jasu, množství bílého světla.

Výsledky měření

Použijme odměrného válce k měření hustoty a kuchyňských vah k určení hmotnosti jistého množství Ramy. K dispozici máme váhy s přesností ± 1 g. U válce máme rysky po 10 ml, jako chybu vezmeme půlku nejmenšího dílku, dostáváme se tak na ± 5 ml.

Po zvážení prvního kusu Ramy o hmotnosti (103 ± 1) g a změření jejího objemu (112 ± 5) ml vidíme, že relativní chyba měření hustoty je 5,4 %. Námí naměřená hustota je $\rho_0 = (920 \pm 50) \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Změřením hodnot po opětovném ztuhnutí zjistíme, že $\rho_1 = (930 \pm 50) \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Při dalších měření dojdeme ke stejným výsledkům. Můžeme tedy vysledovat jakési zvýšení hustoty, ale pouze v rámci chyby měření. Toto zvýšení lze připisat odpaření vody, která se z másla uvolní a má vyšší hustotu, nežli je průměrná hustota másla.

Zuzana Dočekalová měřila hustotu obou složek zvlášť, z jejich výsledků plyne nepatrně vyšší hustota žluté části v porovnání s Ramou v původním stavu a hustota bílé složky vyšší než hustota vody.

Při měření barvy uveďme jako výsledek pouze mírné ztmavnutí, které je pozorovatelné i lidským okem.

Viskozita másla je běžně udávána mezi hodnotami 150 až 250 Pa·s; měřením viskozity Ramy po ztuhnutí zjistíme, že poklesla řádově na jednu desetinu. Pěkné měření viskozity provedla Tereza Steinhartová.

Teplnou úpravou dochází ke zvýraznění vůně Ramy. Chuťové vlastnosti se mění až při vyšších teplotách, dochází ke zhořknutí.

Závěr

Hustota přetavené Ramy ve vodní lázni je nepatrně vyšší, dojde však k oddělení dvou složek, každé o jiné hustotě. Přetavením dochází k drobnému ztmavnutí, výraznému snížení viskozity a také ke zvýraznění vůně. Chuťově se Rama mění až vlivem výrazně vyšších teplot.

Poznámky k došlým řešením

Většina výsledků byla ve shodě s výše uvedeným závěrem, dávejte si však pozor na několik základních chyb. Popište pořádně metodu, jakou jste použili, každý měří jinak, a tak věta „Barvu jsem rozložil do RGB.“ není postačující. Dále zhodnoťte kriticky svou metodu a odhadněte přesnost, s jakou jste měřili. Výsledky uvádějte v běžném tvaru a správně zaokrouhluje! Nakonec není bez zajímavosti, že dva naši řešitelé se shodli na hustotě poloviční, než jsme naměřili my.

Kryštof Touška

krystof@fykos.mff.cuni.cz