

24. ročník, úloha V. 1 ... rozcvička (5 bodů; průměr 2,80; řešilo 10 studentů)

a) sedimentace krve

Zkuste přibližně spočítat, jak rychle probíhá sedimentace lidské krve (usazení zdravých červených krvinek na dně nádoby). Dynamická viskozita η krevní plazmy při 37°C je přibližně $2\text{ N}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-2}$. (Běžně se měření sedimentace provádí tak, že se krev nechá odstát na jednu hodinu a poté se změří výška již usazených krvinek – bývá obvykle okolo 10 mm.)

Nápověda: Mohl by se hodit Stokesův vztah pro odporovou sílu $F = 6\pi\eta r v$, který platí pro laminární proudění. z hlubin archivu

b) nevěřte vlastním očím

Aleš jel v poledne tramvají po nábřeží Kapitána Jaroše v Praze směrem na Malou Stranu. Seděl u okna a přímo z jiho-jihozápadu na něj svítilo slunce. Protože se díval před sebe, jedno oko měl ve stínu vlastního nosu. Když ale uhnul očima doprava, zjistil, že levým okem vnímá mírně jiné odstíny barev než pravým. Do jakého odstínu se mu vidění v levém oku zabarvilo a proč? Aleš potkal Apollóna

Sedimentace krve

Předně se řešitelům omlouváme za chybně uvedenou hodnotu dynamické viskozity krve. Její správná hodnota za daných podmínek je okolo $3 \cdot 10^{-3}\text{ N}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-2}$.

Abychom mohli použít uvedený Stokesův vzorec, modelujme krev kulovými krvinkami s poloměrem r_K . Krvinky se již po chvíli pohybují rovnoměrně přímočaře, tudíž součet působících sil (tíhová, vztlaková a třecí) musí být nulový. Z toho zjistíme onu ustálenou rychlost

$$v = \frac{2}{9} \frac{r_K^2 \Delta \rho g}{\eta},$$

kde $\Delta \rho$ je rozdíl hustot krvinky a plazmy, η je dynamická viskozita a g je tíhové zrychlení.

Za čas Δt se usadí všechny krvinky z oblasti $v\Delta t$ nade dnem, při obsahu dna S a měrném počtu krvinek v krvi D to odpovídá $N = v\Delta tSD$ krvinekám. Tyto pak vytvoří vrstvičku¹ tloušťky $\Delta h = NV_K c/S$, kde V_K je objem krvinky a c koeficient udávající, kolik prostoru kolem sebe zabere usazená krvinka oproti čistému objemu.

Objem krvinky též odhadneme koulí poloměru r_K , a tak rychlost přibývání usazeniny vyjde

$$\frac{\Delta h}{\Delta t} = \frac{8}{27} \frac{\pi r_K^5 \Delta \rho g c D}{\eta}.$$

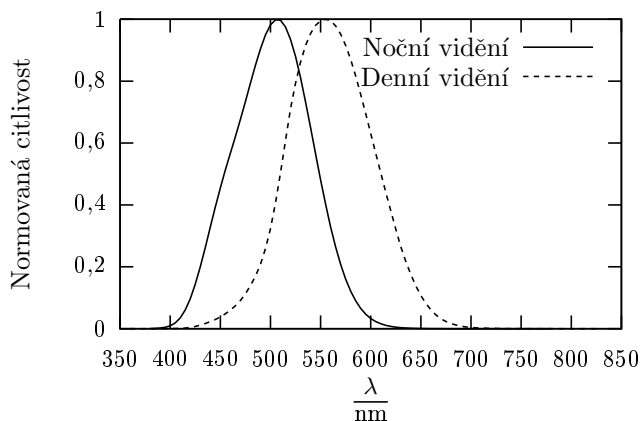
Pro numerický odhad použijeme hodnoty: $\eta = 3 \cdot 10^{-3}\text{ Pa}\cdot\text{s}$, $r_K = 3 \cdot 10^{-6}\text{ m}$, $\Delta \rho = 150\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, $g = 9,81\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, $c = 1,7$ a $D = 5 \cdot 10^6\text{ mm}^{-3}$. Výsledná rychlost vychází $3,4\text{ mm}\cdot\text{hod}^{-1}$, což je i přes zjednodušení a odhady, jichž jsme se dopustili, řádově ve shodě s realitou (2–20 mm/h, v závislosti na jedinci).

Nevěřte vlastním očím

Pozorované zabarvení je variantou *Purkyňova jevu*, neboli že v šeru vidíme odstíny mírně do modra. Citlivost oka totiž nezávisí jenom na vlnové délce, ale i na intenzitě dopadajícího světla.

¹⁾ Předpokládáme tloušťku této vrstvy řádově menší než $v\Delta t$.

Na obrázku 1 je srovnání citlivosti oka při denním a nočním vidění. Je patrné, že oko přizpůsobené tmě má maximum citlivosti posunuté více do modré oblasti (vliv tyčinek).



Obr. 1. Srovnání denního a nočního vidění

Mělo-li tedy jedno oko v důsledku oslnění staženou zornici, dopadá do něj celkově méně světla, a tak se odstíny jím pozorované budou jevit více modravé.

Michal Koutný

michal@fykos.cz

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty UK MFF. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci UK MFF a podporován Ústavem teoretické fyziky UK MFF, 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/>.