

20. ročník, úloha II. P ... třepání čajem (5 bodů; průměr 3,53; řešilo 32 studentů)

Vysvětlete, proč když zatřepeme sypaným čajem v plechovce, zůstanou větší kousky lístků spíše nahoře než dole. Řešení můžete obohatit vlastním pozorováním.

S úlohou přišel Petr Sýkora.

Jev popisovaný v této úloze není v zásadě nic jiného než tzv. „Brazil Nut Problem“. Trochu nepříjemné je, že dodneška se vědecká obec neshodne na popisu procesů, které tento jev způsobují. V závislosti na vlastnostech jednotlivých částic, tvaru nádoby, amplitudě, směru a frekvenci třesení se podstatně mění pozorovaný jev, lze dokonce docílit reverzního jevu, tedy že velké částice se shromažďují na dně.

Nicméně v prvním přiblížení lze uvažovat tři různé procesy, které mohou způsobit tento jev. Prvním kandidátem je pouhé vyplňování mezer pod většími částicemi těmi menšími. Tento kandidát se uplatňuje především při malých frekvencích, kdy se veškerá kinetická energie částic stačí mezi jednotlivými otřesy disipovat. „Když drkneme do krabičky, částice čaje nadskočí. Když se vracejí vlivem gravitace dolů, je pravděpodobnější, že ty menší projdou mezerami mezi ostatními částicemi, a tudíž ve výsledku se shromažďují dole.“

Pokud zvyšujeme frekvenci a amplitudu třesení, začne se časem směs chovat podobně jako tekutina, a začne tedy platit jakási obdoba Archimédova zákona, díky které se mohou větší částice dostávat nahoru, nebo dolů.

Také se mohou při vhodných podmínkách v naší směsi objevit konvekční proudy, které se v zásadě mohou utvořit ve dvou směrech. Buďto se uprostřed nádoby pohybují částice směrem dolů a u stěn nádoby směrem nahoru, anebo naopak uprostřed nádoby nahoru a u stěn dolů. Vzhledem k tomu, že uprostřed „teče jeden velký proud“, zatímco při okrajích „teče spousta malých“, mají větší částice menší šanci procestovat podél okrajů nádoby, zatímco středem nádoby projdou vcelku jednoduše. Tak se stane, že pokud uprostřed nádoby směřuje konvekční proud nahoru (resp. dolů), větší částice se budou shromažďovat nahoře (resp. dole). Určit, jakým směrem budou konvekční proudy téct, je velmi obtížné, v praxi se k rozhodnutí používají numerické simulace či experimenty.

Petr Sýkora

petr@fykos.mff.cuni.cz