

6. Závěr

Předložená teorie vysvětluje, proč se někdy drak pohybuje po trajektorii ve tvaru 8 a předpovídá i tvar jiných možných stabilních trajektorií. Hlavním parametrem určujícím výsledný tvar trajektorie je úhel mezi lanem a zemí. Největší problém je zde patrně nekonstantní proudění vzduchu, které nejsme schopni předpovídat a které způsobuje celou řadu nepříznivých jevů.

(2) Název: Bubliny na rozhraní

Ročník: 16.; 2002 – 2003

Č. úlohy: 5

Text: Některé kapaliny mohou být navršeny jedna na druhou tak, že mezi nimi vznikne ostré rozhraní. Jsou-li povrchová napětí roztoků rozdílná, může být pozorován zajímavý jev. Foukejte bubliny různých velikostí do spodní kapaliny a pozorujte jejich chování na rozhraní. Prozkoumejte a vysvětlete tento jev.

1. Experimentální aparatura

K sestavení odpovídající aparatury dostatečně posloužila kádinka o objemu 1 000 ml, několik gumových hadiček pro spoje potrubí vedení bubliny a skleněná kapátka a trubičky, coby různě velké otvory pro vytváření různě velikých bublin. Soustava hadiček a trubek byla upevněna v držáku umístěném na stojanu a to tak, aby otvor, kde bubliny vznikaly a následně odtud unikaly vzhůru, byl pokud možno uprostřed rozhraní (a potažmo i hladiny) a co nejdále od rušivých vlivů na rozhraní. Na takto sestavené aparatuře jsme mohli začít dělat pokusy.

2. Provedení experimentu

Abychom obdrželi ostré rozhraní mezi kapalinami, zvolili jsme jako spodní kapalinu vodu a jako horní kapalinu cyklohexan. Součin rozpustnosti je velice malý, a proto můžeme říci, že jde o nemísitelné kapaliny. Důvod, proč jsme zvolili cyklohexan namísto třeba obyčejného rostlinného oleje, je fakt, že jde o chemicky čistou látku a s tím souvisí také to, že v literatuře (snadno) dohledáme hodnoty potřebných veličin právě pro cyklohexan.

Samotný experiment probíhal ve své podstatě velmi jednoduše; do kádinky jsme nalili vodu, na ní opatrně (aby nedošlo ke zbytečnému mísení v emulsi) nalili cyklohexan. Protože vždy část cyklohexanu pronikla do vody, nechali jsme celý systém nějakou dobu odstát, aby se přinejmenším oddělily obě kapaliny. Poté jsme spustili „potrubní“ sestavu a injekční stříkačkou vytvářeli bubliny a tyto pak pozorovali na rozhraní.

3. Pracovní hypotéza

Bublina na rozhraní může projít nebo zůstat pod ním uchycená. To záleží jednak na velikosti bubliny a také na mezifázovém napětí daného rozhraní.

4. Teoretické řešení

Abychom mohli stanovit velikost bubliny, která již rozhraním neprojde, musíme znát hodnotu mezifázového napětí. Ta ale není v literatuře uvedena. Proto byla zjištěna metodou kapilární elevace. Vztah, podle kterého lze přepočítat výšku elevace na povrchové napětí lze snadno obdržet kombinací několika základních vztahů:

$$\gamma = \frac{ag(\rho - \rho_0)}{2 \cos \theta} \left(h + \frac{a}{3} \right), \quad (2.1)$$

kde a je poloměr kapiláry, g je tíhové zrychlení, ρ hustota cyklohexanu, ρ_0 hustota vody, h výška kapilární elevace a θ úhel smáčení stěn kapilár. Protože však je obtížné změřit úhel smáčení, lze jej položit roven nule. Měření musí být provedeno tak, že se kapilára vytahuje nahoru, aby se získala správná hodnota výšky kapilární elevace. Takto byla stanovena hodnota mezifázového napětí systému voda–cyklohexan.

Výpočet kritické velikosti bubliny lze provést na základě podmínky rovnováhy sil působících na bublinu. Odvozením získáme vztah:

$$r = \sqrt{\frac{3}{2} a \left(h + \frac{a}{3} \right) \frac{\rho - \rho_0}{\rho + \rho_0}}, \quad (2.2)$$

kde r je kritický poloměr bubliny, a je poloměr kapiláry, h je výška kapilární elevace, ρ je hustota cyklohexanu a ρ_0 hustota vody.

Po dosažení příslušných číselných hodnot lze určit poloměr bubliny, která již rozhraním neprojde, bude-li systém v klidu. Ale bublina nahoru stoupá, a proto je reálný kritický poloměr ještě o něco menší. Bohužel je obtížné vytvořit bublinu takových rozměrů, které by se blížily rozměrům té kritické.

5. Dosažené výsledky

Když už bublina rozhraním projde, vytvoří za sebou sloupec cyklohexanu ve vodě. Tento sloupec po čase podléhá nestabilitě (kritérium nestability je $l = 2\sqrt{2}\pi \cdot r$ — l je délka sloupce, r jeho poloměr) a rozpadá se na kapičky cyklohexanu. Rozpad se dá popsat sinusovým zvlněním stěn sloupce a záleží na vzájemném posunu, co se bude dít dál. Sloupec se může rozpadnout na kapičky menší či větší, ale také může nastat situace, kdy zůstane něco cyklohexanu zavěšeno na bublině. Kapičky klesají na rozhraní a tam po nějakou dobu spočnou, až se blána pod nimi dostatečně ztenčí a kapičky se opět spojí s cyklohexanem.

6. Diskuse

Zajímavý jev nastane v případě, že bude kapičkou obtěžkána bublina, protože bude-li kapička dostatečně velká, stáhne díky své hmotnosti bublinu zpět na rozhraní. To je velice

pozoruhodné. Vlastnosti rozpadu sloupce jsou dány nárazem bubliny na rozhraní a tedy jsou dílem většího či menšího sledu náhod.

7. Závěr

Bublina tedy může nebo nemusí projít rozhraním. Aby neprošla, musí být dostatečně malá. Projde-li, vytvoří za sebou sloupec cyklohexanu, který se po chvílce rozpadá na jednotlivé kapičky. Kapičky pak klesají zpět na rozhraní a po čase splývají opět s cyklohexanem. Může se stát, že po rozpadu sloupce zůstane cyklohexan na bublině, a tu pak může stáhnout zpět na rozhraní, kde, po splnutí s cyklohexanem, bublinu „propustí“ a tato pak vystoupá až k hladině.

(3) Název: Prometheův problém

Ročník: 16.; 2002 – 2003

Č. úlohy: 17

Text: Popište a demonstруйте fyzikální mechanismus, založený na tření, který dovoľoval našim předkům rozdělat oheň. Odhadněte čas potřebný k rozdělení ohně touto cestou.

1. Rozbor — model

Nejčastěji používané metody rozdělování ohně třením jsou křesání a tření dřev. Zatímco křesání je metoda obecně rychlejší, ale méně dostupná a vyžaduje větší přípravu materiálu předem, tření dřev je více časově náročné na místě, ale materiál je dostupnější a příprava předem téměř není nutná.

Potřebujeme-li rozdělat oheň, potřebujeme dřevo, jež má největší součinitel smykového tření. Obecně platí pravidlo, že čím měkčí dřevo, tím větší je součinitel smykového tření. U nás je nejlépe dostupné měkké dřevo: dřevo lipové či březové.

2. Způsoby rozdělování ohně třením dřev — experimenty

a) Třením dřevěného hrotu o podložku

Vezmeme relativně hladkou dřevěnou desku a vyvrtáme v ní drobný důlek. Dále použijeme klacík, na jehož konci vytvoříme hrot. Následně přiložíme klacík hrotem do důlku a klacík roztočíme. Naši předkové k roztáčení klacíku používali ruku či tětívu nataženého luku. Rotačním pohybem vyvineme třecí sílu, jež způsobí zahřívání postupně vedoucí k zažehnutí plamene. Při rozdělování ohně dochází vlivem tření na styčné ploše k odštěpování části povrchu (pilin) majících nižší zápalnou teplotu a zjednodušují rozdělování ohně. Pro tuto metodu je velice vhodné mít ostrý hrot, protože se vlivem tření ohřívá menší fragment povrchu a tím se reaktivněji zahřívá.