

## Základy vztlakové síly v pokusech

Václav Piskač<sup>1</sup>, Gymnázium tř. Kpt. Jaroše, Brno

Po celou dobu své pedagogické praxe se snažím vyučovat pomocí demonstračních a žákovských pokusů. Následující řádky považujte za návrh souboru experimentů, které by žáci měli vidět během probírání tématu „Vztlaková síla a plování těles“. To, jestli je budete předvádět sami, nebo si je budou zkoušet žáci ve skupinách, ponechám na vás.

### 1 Vztlaková síla

#### 1.1 Úvodní úvahy

Začínám primitivním pokusem: vhodím do nádoby s vodou (nejlépe do akvária) pingpongový míček – plove na hladině. Pokud žáci pochopili Newtonovy pohybové zákony, je jim jasné, že na míček nyní působí voda silou stejně velkou jako tíhová síla, kterou na něj působí Země. Vcelku snadno lze úvahou odvodit, že síla vody musí směřovat svisle vzhůru. Nyní do vody vhodím kámen nebo golfový míček – klesne ke dnu. Znamená to, že na některá tělesa voda silou působí a na jiná ne?

#### 1.2 Vybavení

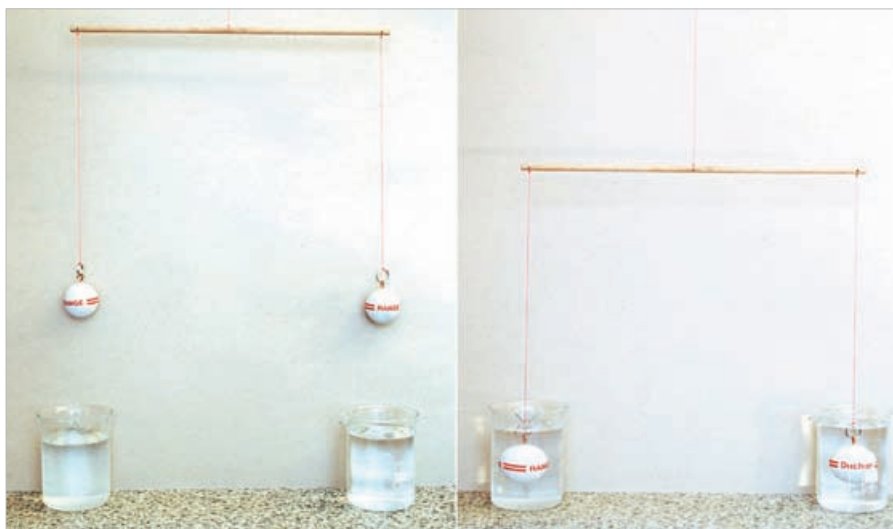
Pro další pokusy a úvahy používám jednoduché rovnoramenné váhy vyrobené z dřevěné tyčky, dva golfové míčky (do nich jsem vyvrtal otvor a vlepil háček z měděného drátu), rybářská olůvka o hmotnosti shodné s golfovým míčkem, dvě kádinky a kapalinu o hustotě odlišné od vody (líh nebo slaná voda).

#### 1.3 Existence vztlakové síly

Na váhy zavěším dva golfové míčky a připomenu, co se stane s váhami, pokud na jeden z míčků začne působit další síla směrem vzhůru nebo dolů – rovnováha se poruší. Nachystám si dvě kádinky s vodou a ponořím do nich oba míčky – rovnováha se neporuší (že by na ně skutečně voda nepůsobila silou?).



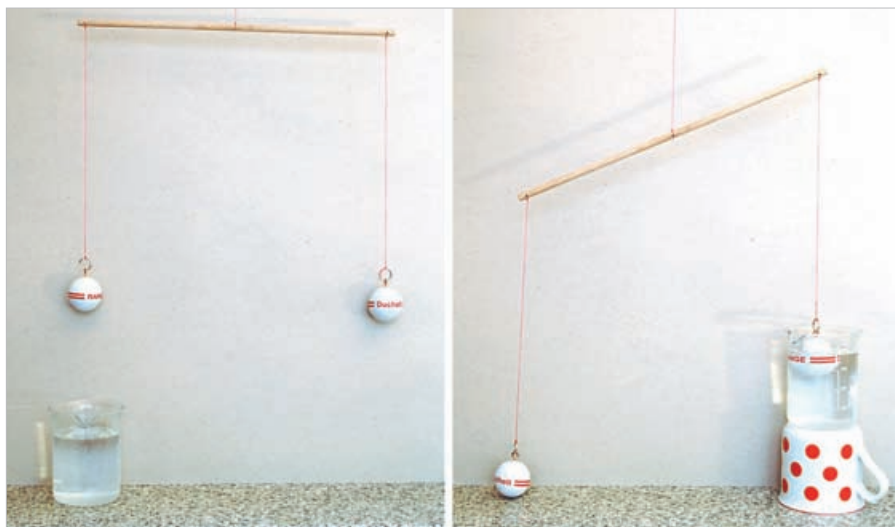
Obr. 1 – rovnoramenné váhy s příslušenstvím



Obr. 2 – míčky ponořené do vody

<sup>1</sup> vaclav.piskac@seznam.cz

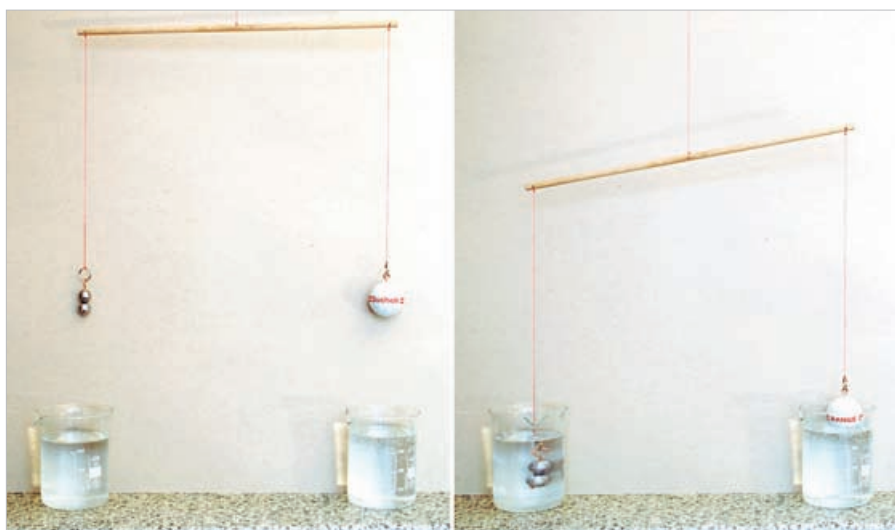
Nyní pokus zopakuj s tím, že do vody ponořím jen jeden z míčků – rovnováha se okamžitě poruší – tj. vztlaková síla působí na tělesa v kapalinách vždy.



Obr. 3 – jeden míček ve vodě

### 1.4 Vliv objemu tělesa

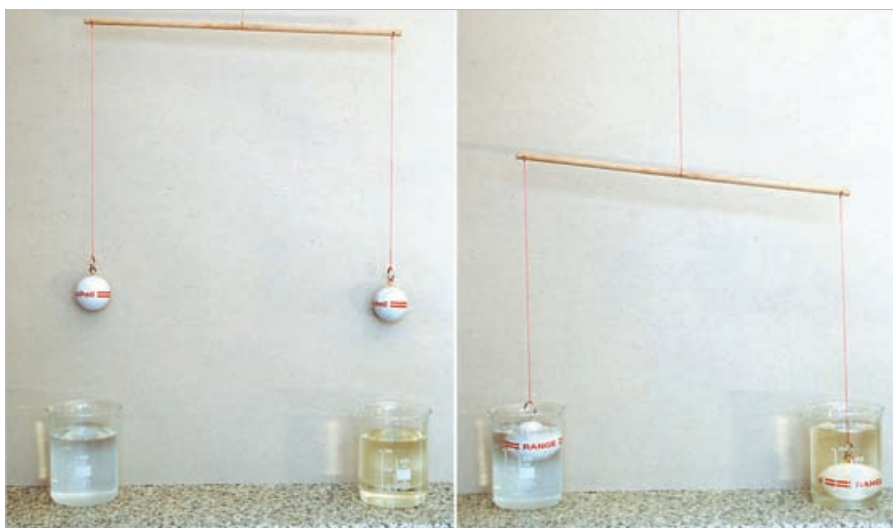
Jeden z míčků nahradím rybářskými olůvkami – ta mají při stejné hmotnosti viditelně menší objem než míček (cca 10krát). Ponořím obě tělesa do vody – to, na které působí menší vztlaková síla, klesne dolů. Závěr: čím má ponořené těleso menší objem, tím menší silou na něj voda působí.



Obr. 4 – vliv objemu tělesa

### 1.5 Vliv hustoty kapaliny

V jedné kádince vyměním vodu za jinou kapalinu. Na fotografii je v pravé kádince líh. Ponořím míčky do kapalin – v kapalině s menší hustotou klesne míček dolů. Závěr: vztlaková síla závisí na hustotě kapaliny.



Obr. 5 – vliv hustoty kapaliny

## 1.6 Zařazení do výuky

Výše uvedené pokusy můžeme při výuce použít dvěma vzájemně „inverzními“ způsoby. V první variantě nejprve teoreticky odvodíme vztah pro vztlakovou sílu a experimenty provedeme jako jeho potvrzení. Druhá varianta začíná experimenty – na získané poznatky se odvoláváme během odvození vztahu. Případně můžeme vztah pro vztlakovou sílu žákům „sdělit“ bez odvození a zkontrolovat, jestli odpovídá pozorování.

Pokud chcete dělat přesnější úvahy, lze obdobné pokusy provádět s jedním tělesem pomocí citlivého siloměru. Změřený rozdíl mezi tíhou „ve vzduchu“ a tíhou „v kapalině“ je roven vztlakové síle.

Pokusy s rovnoramennými váhami mají ve srovnání se siloměrem obrovskou výhodu – jsou jednoduché, rychlé a hlavně dobře viditelné z celé učebny.

## 2 Plování těles

### 2.1 Úvodní experiment

Do akvária s vodou vhodím golfový a pingpongový míček. U obou už víme, že na ně voda působí vztlakovou silou. Ponořím je současně pod hladinu – golfový klesá ke dnu, pingpongový stoupá vzhůru. Žáci jsou sami schopni jevy objasnit na základě velikosti vztlakových a tíhových sil.

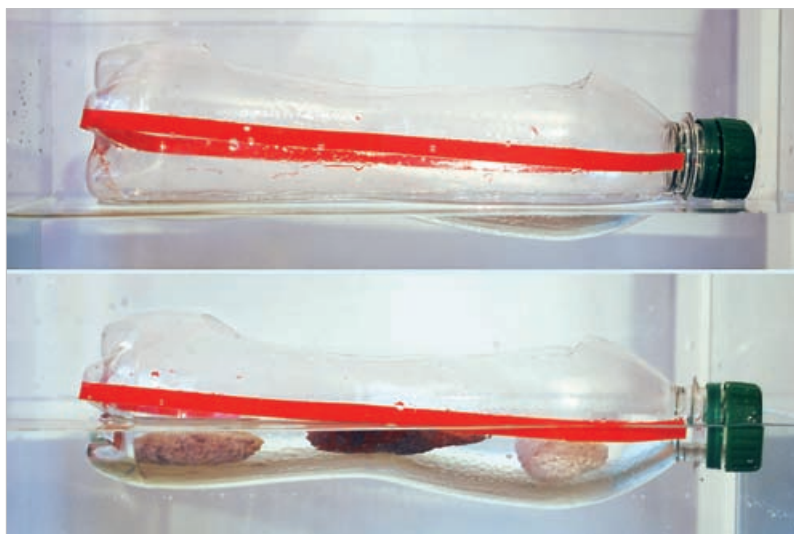
### 2.2 Plování loďky

Loďka je vyrobená z malé PET lahve vystřížením otvoru v boční stěně. Po obvodu má nalepený pásek samolepící tapety pro dobrou viditelnost. Nechávám ji plovat v akváriu s vodou.

Provedu se žáky rozbor působících sil – vztlaková síla je stejně velká jako tíhová. Nyní do loďky postupně přidávám závaží (kamínky). Loďka se postupně ponořuje do vody. Tíhová síla, která na ni působí, s přidáváním zátěže roste. Loďka ale zůstává na hladině, protože s tím, jak se zanořuje, roste i vztlaková síla. Hustota okolní vody zůstává stejná – vztlaková síla tedy nezávisí na celém objemu loďky, ale jen na objemu ponořené části.



Obr. 6 – loďka z PET láhve



Obr. 7 – zatížená lodka

## 2.3 Plovoucí tělesa

Používám tři kapaliny o rozdílných hustotách – denaturovaný líh ( $800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ), vodu ( $1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ) a koncentrovaný roztok kuchyňské soli ( $1\,200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ). Aby měla solanka dostatečnou hustotu, je nutno rozpouštět sůl ve vařící vodě (v litru vody se rozpustí přes  $0,25 \text{ kg}$  soli).

Úvodní pokusy provádím se sadou kelímků, které mají shodný objem, ale rozdílnou hmotnost (tj. liší se hustotou). Jsou vyrobeny z nádobek pro sběr vzorků (lze koupit např. na [www.merci.cz](http://www.merci.cz)), které mají pro snadnou manipulaci ve víčku zašroubované očko. Jsou zatíženy ocelovými podložkami, barevné rozlišení zajišťují pásy barevného papíru vložené do nádobek.



Obr. 8 – sada nádobek

Kapaliny jsou nality do 400ml kádinek. Doporučuji přichystat si i další nádobu s vodou, ve které lze oplachovat tělesa, která se namáčí do líhu a do solanky.

Nádobky jsou vyváženy tak, že černá ve všech kapalinách klesá ke dnu, zelená plove jen v solance, červená plove v solance a ve vodě a žlutá plove ve všech kapalinách. Objemy mají stejné, liší se jenom hmotností – tj. hustotou. Ze vztahů pro tíhovou a vztlačovou sílu snadno odvodíme, že těleso klesá ke dnu, je-li jeho hustota větší než hustota kapaliny.





Obr. 9 – plování nádobek

## 2.4 Plovoucí materiály

Úvahy o plování by měly plynule pokračovat demonstrací plování látek (opět v kádinkách s lihem, vodou a solankou). Používám několik vzorků materiálu o různé velikosti, aby bylo zřejmé, že plování nezávisí na rozměrech vzorků. Sestavil jsem dvě sady materiálů – jednu „trvanlivou“ a druhou „přírodní“.

Trvanlivou sadu tvoří vzorky plastů:

- pěnový polystyren ... cca  $30 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
- hopskulka (hopík, gumová skákací kulička) ... cca  $900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
- polystyren – úlomky pravítka ... cca  $1\,060 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
- celuloid – odřezky pingpongového míčku ... cca  $1\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Místo celuloidu lze použít kusy PVC (tj. odřezky odpadních trubek), místo hopskulky polypropylen (např. kusy víček z PET lahve).



Obr. 10 – plování plastů

Přírodní sadu tvoří:

- korek nebo slupka od pomeranče (plovou i na lihu)
- kus jablka (plove na vodě, v lihu klesá ke dnu)
- kus brambory (plove v solance, ve vodě klesá ke dnu)
- lastury

Lastury sice do sady až tak moc nezapadají, ale nic jiného s hustotou větší než solanka mě nenapadlo (šly by použít kosti, ale sežeňte vydezinfikované kosti vhodných rozměrů...).

Hrozí jedno nebezpečí – jablka občas mají hustotu menší než líh. Proto stojí za to mít připravený malý šroubek, který nenápadně zatlačíte do vzorku jablka, který má v lihu klesat ke dnu (tak, jako jsem to řešil při fotografování). Samozřejmě je nutné upozornit žáky na to, že jablko občas v lihu plove.



Obr. 11 – plování přírodnin

### 2.5 Průměrná hustota tělesa

Žáci by si měli uvědomit, že pro plování je rozhodující průměrná hustota tělesa. Krásně to demonstruje prastarý pokus. Vhodím do vody pomeranč – plove na hladině. Když ho oloupu, klesá ke dnu. Naopak jeho slupka je ochotna plovat i na lihu.



Obr. 12 – pomeranč na vodě

### Odkazy

<http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz> ... stránky autora zaměřené na výuku fyziky