

# Určení hustoty kapalin pomocí Archimédova zákona

## Cíle

Určit hustotu tří různých kapalin pomocí Archimédova zákona a porovnat ji s hustotou určenou pomocí definice hustoty. Tím ověřit platnost Archimédova zákona.

### Podrobnější rozbor cílů

Cílem je ukázat platnost Archimédova zákona a také netradiční metodu měření hustoty kapalin. Porovnat výsledky získané touto metodou s tradiční metodou určení hustoty pomocí měření hmotnosti a objemu kapaliny.

## Zadání úlohy

Změřte hustotu tří různých kapalin pomocí Archimédova zákona a porovnejte výsledky s výsledky získanými z měření pomocí definice hustoty kapaliny. Diskutujte odchylky mezi výsledky.

## Pomůcky

počítač s DataStudiem, USB Link, siloměr Pasco, kádinka, odměrný válec, 3 různé tuby od vitamínů, voda, technický líh, sůl, písek (závaží), váhy

### Zařazení do výuky

Tato laboratorní úloha spadá podle RVP do učiva *Dynamika pohybu – tlaková síla, tlak* a plní se jí očekávaný výstup *Určí v konkrétních situacích síly a jejich momenty působící na těleso a určí výslednici sil, měří vybrané fyzikální veličiny vhodnými metodami, zpracuje a vyhodnotí výsledky měření.*

### Časová náročnost

Vysvětlení úlohy a její změřením lze stihnout během jedné vyučovací hodiny, v případě řešení teoretických úloh s podobnou tematikou za dvě vyučovací hodiny.

### Návaznost experimentů

Touto úlohou lze navázat na úlohu, v níž se zabýváme měřením hydrostatického tlaku v kapalinách.

## Teoretický úvod

Archimédův zákon popisuje chování těles při ponoření do kapaliny. Říká, že těleso, které je ponořené do kapaliny, je nadlehčováno vztlakovou silou  $F_{vz}$ , jejíž velikost se rovná tíze kapaliny o stejném objemu jako je ponořená část tělesa. Její velikost tedy spočítáme ze vztahu

$$F_{vz} = V\rho_k g, \quad (1)$$

kde  $g$  je hodnota tíhového zrychlení (v našich zeměpisných šířkách přibližně  $9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ),  $V$  je objem ponořené části tělesa a  $\rho_k$  je hustota kapaliny. Je-li těleso ve vzduchu, můžeme velikost vztlakové síly většinou zanedbat, protože je výrazně menší než tíhová síla  $F_G$ . Je-li těleso ponořené v kapalině, je výslednice sil  $F$  působící na těleso dána vztahem

$$F = F_G - F_{vz}. \quad (2)$$

Její směr závisí na velikosti tíhové síly  $F_G$  a vztlakové síly  $F_{vz}$ . Jestliže tedy zjistíme velikost tíhové síly  $F_G$ , velikost výslednice sil  $F$  působící na těleso v kapalině a objem  $V$  tělesa ponořeného v kapalině, můžeme ze vztahů (1) a (2) vypočítat hustotu kapaliny  $\rho_k$  pomocí vztahu

$$\rho_k = \frac{F_G - F}{Vg} \quad (3)$$

Hustotu kapaliny z definice hustoty zjistíme změřením hmotnosti kapaliny  $m_k$  a příslušného objemu kapaliny  $V_k$  a dosazením do vztahu

$$\rho_k = \frac{m_k}{V_k} \quad (4)$$

## Motivace

Proč se nám tělesa ve vodě zdají být lehčí než ve vzduchu? Proč největší živočichové žijí ve vodě? Je lehčí plavat v moři nebo v rybníce? Plavalo by se nám dobře v lihu?

### Technická úskalí, tipy a triky

Pozor na to, aby byla všechna sůl rozpuštěná.

## Příprava úlohy

Připravíme si slaný roztok rozpuštěním co největšího množství soli ve vodě.

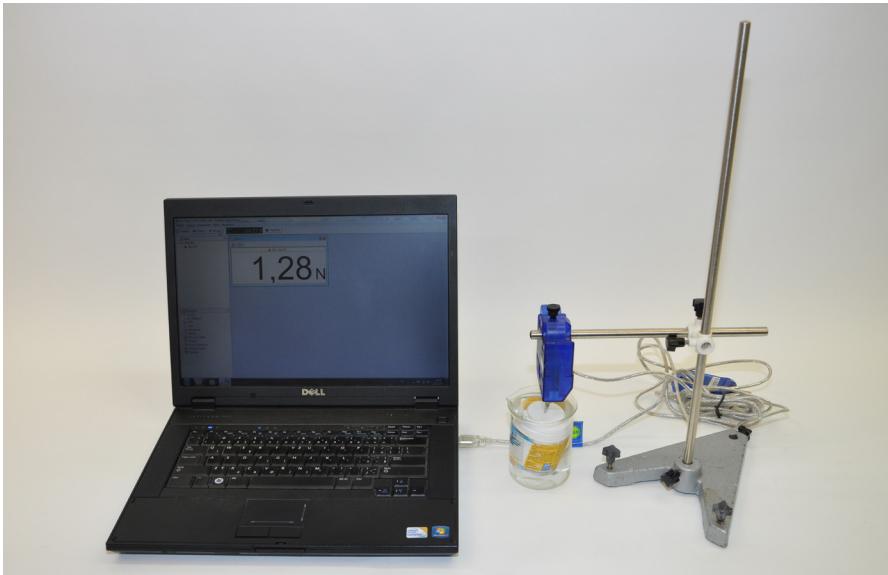
## Postup práce

Nejprve určíme hustotu kapaliny z definice hustoty. Zvážíme si prázdnou kádinku (nebo jinou nádobu vhodnou k měření objemu kapalin) a zapíšeme si její hmotnost  $m_n$ , poté do ní nalijeme měřenou kapalinu, zvážíme kádinku i s kapalinou a zapíšeme si tuto hodnotu hmotnosti  $m$ . Dále si zapíšeme objem  $V_k$  kapaliny v kádince. Hmotnost kapaliny v kádince zjistíme jako rozdíl hmotnosti  $m$  a  $m_n$ . Tento postup zopakujeme pro všechny tři kapaliny.

Pro určení hustoty kapaliny z Archimédova zákona nejprve změříme průměr  $d$  a výšku  $v$  všech tří tub od vitamínů. Objem tuby vypočítáme ze vztahu

$$V = \frac{\pi d^2 v}{4} \quad (5)$$

Do tuby dáme písek (závaží, kamínky apod.) a tubu zavřeme. Sestavíme aparaturu pro měření (viz obr. 1).



Obr. 1: Foto uspořádání experimentu Měření hustoty kapalin pomocí Archimédova zákona

## Nastavení HW a SW

Siloměr připojíme k rozhraní USB Link a rozhraní připojíme pomocí USB kabelu k počítači.

Spustíme program DataStudio a zvolíme možnost *Vytvořit experiment*. Připojené čidlo by se mělo automaticky detekovat a v okně *Data* se zobrazí název měřené veličiny (*Force, push positive*). Z pracovní plochy smažeme předpřipravený graf. V menu *Setup* odznačíme název *Force, push positive*, zatrhneme název *Force, pull positive* a okno zavřeme. Změníme název *Force, pull positive* na *Síla* dvojím poklepnutím levým tlačítkem myši na název *Force, pull positive*. V nově otevřeném okně přepíšeme v *Názvu měření* a *Názvu proměnné Force, pull positive* na *Síla*. Dále nastavíme v záložce *Numerický formát* měření na dvě desetinná místa a potvrdíme *OK*.

Se stisknutým levým tlačítkem myši přetáhneme název veličiny *Síla* z okna *Data* do okna *Displays*, záložky *Číslice*.

## Vlastní měření a záznam dat

Spustíme měření tlačítkem *Start* (pokud siloměr neukazuje hodnotu 0,00, vynulujeme ho stiskem tlačítka *ZERO* přímo na siloměru). Na siloměr pověsíme tubu od vitamínů a zapíšeme si zobrazenou hodnotu tíhové síly  $F_G$ . Poté spustíme tubu do kádinky s měřenou kapalinou a zapíšeme si hodnotu síly  $F$ . Ukončíme měření stisknutím tlačítka *Konec*. Měření opakujeme pro zbylé dvě kapaliny.

## Analýza naměřených dat

Vypočítáme hustotu kapaliny  $\rho_k$  ze vztahu (3) a porovnáme ji s hustotou kapaliny vypočítanou ze vztahu (4). Diskutujeme rozdíly ve výsledcích a možné chyby měření.

### Technická úskalí, tipy a triky

Při měření je třeba dbát na to, aby celá tuba byla ponořená do kapaliny a nedotýkala se stěn ani dna kádinky. Háček na zavěšení volíme co nejmenší, aby jeho objem byl vůči objemu kádinky zanedbatelný.

### Hodnocení výsledků

Žáci by při odhadu chyb měření měli zjistit, že největší chyba bude při měření vztahové síly, což samozřejmě nejvíce ovlivní výsledky měření. Dále mohou diskutovat, jaký má vliv objem háčku na výsledky měření.