

1.5.7 Kolik váží vzduch

Předpoklady:

Pomůcky: PET láhev s uzávěrem osazeným motocyklistickým ventýlkem, gumová hadička promáčknutelná rukou navléknutelná na ventýlek, akvárium, voda, váhy, balónky, špejle, kopací míč, pumpička, jehla na nafukování míčů,

V předchozích hodinách jsme se zabývali hustotou – hmotností 1 m^3 látek. Hustota nám říká, jak jsou látky „těžké“.

Př. 1: Představ si, že bys veškerý vzduch ve třídě namačkal a uzavřel do pevného pytle. Unesl bys tento pytel? Jakou hmotnost by pytel měl?

Maximálně 5 kg \Rightarrow pytel bych unesl.

Pedagogická poznámka: Zhruba dvě třetiny žáků si myslí, že vzduch nic neváží (nemá hmotnost), zbývající třetina odhaduje velmi malé hmotnosti (opravdu do 5 kg, většinou pod 1 kg).

Př. 2: Navrhni pokus, kterým bychom buď určili hustotu vzduchu, nebo alespoň rozhodli, zda vzduch alespoň nějakou hmotnost má.

Zvážíme prázdnou PET láhev (se vzduchem) a prázdnou zmáčknutou PET láhev (bez vzduchu). Z rozdílu hmotností a objemu láhve můžeme určit hustotu.

Zvážíme míč, přifoukneme do něj vzduch a znovu ho zvážíme.

Na houpačku zavěsíme dva balónky (i s provázky), houpačku vyvážíme, pak jedem balónek nafoukneme a pozorujeme, zda se rovnováha změní.

....

Pedagogická poznámka: Návrh na zvážení prázdné PET láhve a slisované PET láhve se určitě objeví a já ho vždy provádím (i s tím, že láhev zavírám zátkou). Návrhy na přifukování se objeví (kdyby ne, tak stačí položit na stůl pumpičku).

Výsledky experimentů:

- Kopací míč je po připumpování vzduchu těžší.
- Hmotnost prázdné (plné vzduchu) zavřené PET láhve je stejná jako hmotnost sešlápnuté (tedy bez vzduchu) a zavřené PET láhve.
- Balónek, do kterého přifoukneme vzduch, převáží balónek, se kterým nic neděláme.

Př. 3: Podporují všechny experimenty stejný závěr? Pokud ne, roztríd' je.

Experimenty, které vedou k závěru, že vzduch hmotnost nemá:

- Hmotnost prázdné (plné vzduchu) zavřené PET láhve je stejná jako hmotnost sešlápnuté (tedy bez vzduchu) a zavřené PET láhve.

Experimenty, které vedou k závěru, že vzduch hmotnost má:

- Kopací míč je po připumpování vzduchu těžší.
- Balónek, do kterého přifoukneme vzduch, převáží balónek, se kterým nic neděláme.

Oba experimenty, které prokazují nenulovou hmotnost vzduchu, bychom teoreticky mohli použít i k určení jeho hustoty.

Problém: při přidávání vzduchu ho stlačujeme a tím měníme jeho hustotu (tím se navíc oba pokusy liší od sešlapávání láhve, ve které vzduch stlačený nebyl).

Zkusíme postupovat obráceně:

Do PET láhve s upraveným uzávěrem, do kterého je přidán ventilek z kola, nahustíme vzduch. Láhev zvážíme a poté ventilkem upustíme vzduch. Pak láhev zase zvážíme.

Problém: Jak zkontrolujeme objev vzduchu, který upouštíme? Vzduch není vidět.

Vzduch ve vzduchu vidět není, ale ve vodě, je vidět docela dobře. \Rightarrow

Řešení: do druhé PET láhve napustíme vodu a pod vodou do ní budeme upouštět vzduch ze zvážené PET láhve (tím bude zajištěna jak kontrola objemu, tak skutečnost, že vzduch není stlačený).

Př. 4: Sleduj průběh pokusu a hlídej, aby probíhal tak, aby byly naměřené výsledky co nejpřesnější.

Láhev s upuštěným vzduchem musíme kvůli namočení před druhým vážením osušit.

Př. 5: Po upuštění 2,5 litru nestlačeného vzduchu se hmotnost láhve snížila o 3 g. Urči hustotu vzduchu.

Hustota je hmotnost 1 m^3 (1000 litrů) látky.

2,5 l ... 3 g

1 l ... $3 : 2,5 = 1,2 \text{ g}$

$1000 \text{ l} = 1 \text{ m}^3$... $1200 \text{ g} = 1,2 \text{ kg}$

Hustota vzduchu je $1,2 \text{ kg/m}^3$.

Pedagogická poznámka: Opravdu to tak dobře vychází, nikdy jsem neměl větší odchylku od správné hodnoty než $0,1 \text{ kg/m}^3$.

Hustota vzduchu v místnosti za pokojové teploty a při normálním tlaku je přibližně $1,2 \text{ kg/m}^3$.

Dodatek: Normální hustota vzduchu udávaná v tabulkách odpovídá normální teplotě 0°C , pro běžné teploty je příliš vysoká.

Př. 6: Urči hmotnost vzduchu ve třídě.

Rozměry třídy: $10 \times 8 \times 4 \text{ m}$.

Objem třídy: $V = abc = 10 \cdot 8 \cdot 4 \text{ m}^3 = 320 \text{ m}^3$

Výpočet hmotnosti:

1 m^3 ... 1,2 kg

320 m^3 ... $1,2 \cdot 320 = 384 \text{ kg}$

Vzduch ve třídě váží přibližně 380 kg.

Př. 7: Urči hmotnost vzduchu v PET lahvi o objemu 1,5 l.

$$\begin{array}{lll} 1\text{m}^3 = 1000\text{ l} & \dots & 1,2\text{kg} \\ 1\text{ l} & \dots & 1,2 : 1000 = 0,0012\text{ kg} = 1,2\text{g} \\ 1,5\text{ l} & \dots & 1,2 \cdot 1,5\text{ g} = 1,8\text{g} \end{array}$$

Vzduch v PET láhvi o objemu 1,5 litru váží 1,8 g.

Př. 8: Vysvětli, proč jsme při vážení PET láhve nezjistili žádný rozdíl mezi lahví plnou vzduchu a lahví sešlapanou (přesnost váhy je daleko větší než 1,8 g, který vzduch v láhvi váží).

Láhev i se vzduchem je nadlehčována okolním vzduchem. Vztlková síla je stejně velká jako gravitační síla, kterou vzduch v láhvi (vzduchové Archimédovo těleso) přitahuje Země a proto váha, která měří právě tuto gravitační sílu, nic nemaměří.

Př. 9: Rozhodni, zda bys unesl vzduch ve třídě, kdyby:

- byl stlačený do speciálního pytle o rozměrech běžného pytle na brambory,
- byl uzavřený do velmi lehkého a tenkého umělohmotného vaku, ve kterém by si zachoval svůj objem.

a) vzduch je stlačený do speciálního pytle o rozměrech běžného pytle na brambory, Protože vzduch ve třídě má hmotnost 380 kg a v normálním pytli by ho okolní vzduch nadlehčoval pouze velmi malou silou, určitě bychom ho neunesli.

b) vzduch je uzavřený do velmi lehkého a tenkého umělohmotného vaku, ve kterém si zachoval svůj objem.

Pokud by si vzduch zachoval svůj objem, působí na něj stejně velká vztlková síla okolního vzduchu (nadlehčuje ho jako normální vzduch) jako gravitační síla od Země \Rightarrow vzduch v obalu nic neváží (nemusíme ho držet, aby nespadl) \Rightarrow neseme pouze obal (a zřejmě jej uneseme).

Př. 10: Je možné vážením na povrchu Země zjistit přesně hmotnost váženého předmětu? Jaká je asi chyba takového vážení u člověka o hmotnosti 50 kg? Je tato chyba podstatná?

Pokud vážíme ve vzduchu, jsou předměty ponořeny ve vzduchu \Rightarrow jsou nadlehčovány vzduchem, jako kdyby byly ze vzduchu (stejně jako voda nadlehčuje předměty ponořené do vody, jako kdyby byly z vody).

Hustota lidského těla se přibližně rovná hustotě vody:

- když se nadechneme, plaveme \Rightarrow naše hustota je menší než hustota vody,
- když vydechneme, klesáme ke dnu \Rightarrow naše hustota je větší než hustota vody.

\Rightarrow Člověk o hmotnosti 50 kg má objem 50 litrů.

$$\begin{array}{lll} 1\text{m}^3 = 1000\text{ l} & \dots & 1,2\text{kg} \\ 1\text{ l} & \dots & 1,2 : 1000 = 0,0012\text{ kg} = 1,2\text{g} \\ 50\text{ l} & \dots & 1,2 \cdot 50\text{ g} = 60\text{g} \end{array}$$

U vážení člověk o hmotnosti 50 kg způsobuje nadlehčování vzduchem chybu 60 g.

Shrnutí: Hustota vzduchu je za pokojové teploty a normální tlaku přibližně $1,2 \text{ kg/m}^3$.