

## 1.1.5 Hustota

**Předpoklady:** 010104

**Pomůcky:** voda, olej, váhy, dvojice kuliček, dvě stejné kádinky, dva odměrné válce.

**Pedagogická poznámka:** Cílem hodiny je zopakování vztahu pro hustotu, ale zejména nácvik základní práce se vzorci a jejich interpretace.

**Pedagogická poznámka:** Čím horší průběh hodiny očekáváte, tím více je třeba v úvodu pospíchat. I v hodně optimistické situaci je třeba začít s příkladem 5 nejpozději 15 minut po začátku hodiny.

**Př. 1:** Máme dvě stejné zkumavky. První je zaplněna vodou, druhá je do stejné výše zaplněna olejem. Do obou zkumavek necháme ze stejné výšky v jednom okamžiku padnout stejné kuličky. Ve které zkumavce dopadne kulička na dno rychleji?

Olej má větší vazkost  $\Rightarrow$  více brzdí padající kuličku  $\Rightarrow$  kulička v oleji dopadne později.

**Pedagogická poznámka:** Předchozí pokus je třeba předem ozkoušet. Nejlepší je mít dvě dvojice kuliček. První dvojici, kde je hustota kuličky jen o trochu větší než hustota vody a kulička dopadne na dno i ve vodě (pouze později). Druhá dvojice kuliček by měla mít hustotu mezi hustotou vody a oleje, aby kulička ve vodě vůbec neklesala a je vhodné ji použít, když si žáci s první dvojicí neví rady.

Provedení pokusu může skončit různě (v závislosti na použitých kuličkách):

- kulička ve vodě dopadne dříve (podle předpokladů),
- kulička v oleji dopadne dříve,
- kulička ve vodě vůbec nedopadne na dno,
- obě kuličky zůstanou na hladině.

$\Rightarrow$  Pokus ovlivňuje něco, o čem jsme neuvažovali.

Na všechny předměty ponořené do kapaliny působí vztlačková síla, která závisí na hustotě kapaliny (Archimédův zákon, více na konci roku).

Pokud se ptáme, která z kapalin má větší **hustotu**, ptáme se, která z nich je **těžší**.

**Př. 2:** Odhadni, zda má větší hustotu voda nebo olej. Navrhni konkrétní postupy, jak tuto skutečnost experimentálně (pokusem) prokázat.

Zřejmě olej.

O hustotě kapalin rozhodneme zvážením.

**Pedagogická poznámka:** Mám připravené váhy a dvě kádinky. Kapaliny naliju do kádinek v takovém množství, abych vyvrátil nejhlasitější názor na správnou odpověď předchozího příkladu.

Myslím, že by vážení nestejných množství kapalin mělo proběhnout. Pro přesné uvažování žáků jsou takové chyby daleko přínosnější než doslovné recitování definic veličin.

Vážení obou kapalin může opět dopadnout různě (záleží na množstvích, které vážíme)  $\Rightarrow$  musíme vážít stejná množství (stejné objemy) látek.

**Za hustotu  $\rho$  látky považujeme hmotnost  $1\text{ m}^3$  této látky. Udáváme ji v  $\text{kg/m}^3$ .**

**Př. 3:** Odhadni hustotu: a) vody, b) oleje, c) vzduchu.

a) voda

1 l má hmotnost okolo 1 kg  $\Rightarrow \rho_{\text{vody}} = 1000\text{ kg/m}^3$ .

b) olej

Hustota oleje je o málo menší než hustota vody  $\Rightarrow \rho_{\text{oleje}} = 900\text{ kg/m}^3$ .

c) vzduch

Hustota vzduchu je řádově (o tři řády) menší než hustota vody  $\Rightarrow \rho_{\text{vzduchu}} = 1\text{ kg/m}^3$ .

**Pedagogická poznámka:** Žákovské odhady úzce souvisí s představou  $1\text{ m}^3$ , jeho velikost je často podceňována a odhady hustot jsou tak daleko menší.

Jak můžeme ve třídě určit hustotu oleje?

Zvážit  $1\text{ m}^3$  nedokážeme. Stačí však zvážit i libovolné množství oleje a hmotnost  $1\text{ m}^3$  dopočítáme.

Hmotnost 0,3 l oleje je přibližně 290 g.

Přímá úměrnost:

0,3 l ... 0,29 kg

$1\text{ m}^3 = 1000\text{ l}$  ...  $x\text{ kg}$

$$\frac{x}{1000} = \frac{0,29}{0,3} \Rightarrow x = \frac{0,29}{0,3} \cdot 1000\text{ kg/m}^3 = 930\text{ kg/m}^3$$

Hustota oleje je přibližně  $930\text{ kg/m}^3$ .

Výpočet pomocí přímé úměrnosti je příliš zdlouhavý, ve fyzice se zápisy postupů při výpočtech zkracují pomocí vzorců, ve kterých jednotlivé veličiny nahrazují písmena.

hustota ...  $\rho$  (řecké písmeno ró)

hmotnost ...  $m$

objem ...  $V$

**Př. 4:** Najdi vzorec pro výpočet hustoty, pomocí hmotnosti a objemu.

Velkou hustotu má předmět, který má velkou hmotnost i při malém objemu.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

**Př. 5:** Urči hustoty uvedených látek, pokud platí:

- a)  $240\text{ m}^3$  vzduchu (objem třídy) má hmotnost  $312\text{ kg}$ ,
- b) Třetina litru oleje má hmotnost  $0,28\text{ kg}$ ,
- c)  $20\text{ kg}$  rtuti má objem  $1,48\text{ l}$ .

a)  $240\text{ m}^3$  vzduchu (objem třídy) má hmotnost  $312\text{ kg}$ .

$$m = 312\text{ kg}, V = 240\text{ m}^3, \rho = ?$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{312}{240}\text{ kg/m}^3 = 1,3\text{ kg/m}^3$$

b) Třetina litru oleje má hmotnost  $0,28\text{ kg}$ .

$$m = 0,28\text{ kg}, V = \frac{1}{3}\text{ l} = \frac{1}{3000}\text{ m}^3, \rho = ?$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0,28}{\frac{1}{3000}}\text{ kg/m}^3 = 840\text{ kg/m}^3$$

c)  $20\text{ kg}$  rtuti má objem  $1,48\text{ l}$ .

$$m = 20\text{ kg}, V = 1,48\text{ l} = 0,00148\text{ m}^3, \rho = ?$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{20}{0,00148}\text{ kg/m}^3 = 13500\text{ kg/m}^3$$

**Pedagogická poznámka:** V bodu b) většina žáků zapíše třetinu litru jako  $0,333$ . Nebráním tomu, v tomto okamžiku by většině z nich složené zlomky zbytečně komplikovaly situaci. Najdou se však i takoví, kteří používají rovnost  $\frac{1}{3} = 0,3$ , kterou už netolerují.  
V bodě c) se většinou najde někdo, kdo mechanicky dosadí první číslo za objem.

Proč není jako správný výsledek v bodu c) uvedeno číslo  $13513,51351$ , které vypočte většina kalkulaček?

Číslo  $13513,51351$  jsme vypočetli z hodnot, které měly dvě a tři platné číslice  $\Rightarrow$  výsledek nemůže být přesnější než hodnoty, ze kterých je určen  $\Rightarrow$  u výsledku budeme vždy udávat maximálně o jednu platnou číslici více než u nejméně přesně určené hodnoty v zadání.

**Dodatek:** Udávání přesnosti hodnot je komplexní problematika, kterou se zabývat nebudeme. Je třeba si uvědomit, že každá experimentálně zjištěná hodnota je udaná nepřesně, u laboratorních měření se proto vždy kromě hodnoty udává i míra nepřesnosti, například ve tvaru  $215 \pm 2$ , což znamená, že skutečná hodnota leží mezi čísly  $213$  a  $217$ .

**Př. 6:** Jaké vlastnosti mají předměty, které jsou složeny z látky, jejíž hustota je:

- a) velká
  - b) malá.
- Porovnej se vzorcem pro výpočet hustoty.

a) velká hustota

Předmět s velkou hustotou má velkou hmotnost i při malém objemu: souhlasí se vzorcem

$\rho = \frac{m}{V}$ , velkou hodnotu zlomku získáme, když velké číslo (hmotnost), dělíme malým číslem (objem).

a) velká hustota

Předmět s velkou hustotou má velkou hmotnost i při malém objemu: souhlasí se vzorcem

$\rho = \frac{m}{V}$ , velkou hodnotu zlomku získáme, když velké číslo (hmotnost), dělíme malým číslem (objem).

Z předchozího příkladu je vidět, že pamatování fyzikální vzorců není mechanická záležitost. Vzorce jsou logické, popisují skutečnost, kterou známe, a v případě potřeby většinou můžeme správný tvar (nebo alespoň většinu správného tvaru) odvodit ze zkušeností.

Vzorec  $\rho = \frac{m}{V}$  umožňuje určit hustotu z hmotnosti a objemu. Vzorec je možné využít i pro výpočty hmotnosti nebo objemu.

**Př. 7:** Odvoď ze vzorce  $\rho = \frac{m}{V}$  vztahy pro hmotnost a objem. U obou získaných vztahů zkontroluj, zda odpovídají zkušenostem.

Vztah pro hmotnost

$$\rho = \frac{m}{V} \quad / \cdot V$$

$$\rho V = m$$

Kontrola:

- velké číslo získáme jako součin dvou velkých čísel  $\Rightarrow$  velkou hmotnost má předmět s velkým objemem a velkou hustotou (například betonový panel),
- malé číslo získáme jako součin dvou malých čísel  $\Rightarrow$  malou hmotnost má předmět s malým objemem a malou hustotou (bublínka vzduchu).

Vztah pro objem

$$\rho = \frac{m}{V} \quad / \cdot V$$

$$\rho V = m \quad / : \rho$$

$$V = \frac{m}{\rho}$$

Kontrola:

- velké číslo získáme jako podíl velkého a malého čísla  $\Rightarrow$  velký objem má předmět, který má i přes malou hustotu velkou hmotnost (například vzduch ve třídě),
- malé číslo získáme jako podíl malého a velkého čísla  $\Rightarrow$  malý objem má předmět, který má i přes velkou hustotu malou hmotnost (například železná pilina).

**Pedagogická poznámka:** Výše uvedeným způsobem bohužel uvažují jen někteří žáci, ostatním je třeba tuto možnost ukázat a pravidelně ji nacvičovat.

**Pedagogická poznámka:** Hustoty udávané v zadáních následujících příkladů by žáci mohli hledat v tabulkách, ale byla by to zbytečná komplikace. Využití tabulek přijde na řadu později.

**Př. 8:** Řidič načerpal do nádrže 35 litrů benzínu. Jaká je jeho hmotnost? Hustota benzínu je  $730 \text{ kg/m}^3$ .

$$V = 35 \text{ l} = 0,035 \text{ m}^3, \rho = 730 \text{ kg/m}^3, m = ?$$

$$m = \rho V = 730 \cdot 0,035 \text{ kg} = 25,6 \text{ kg}$$

Řidič načerpal 25,6 kg benzínu.

**Př. 9:** Urči objem železa, které potřebujeme k výrobě dvou kilového závaží. Hustota železa je  $7860 \text{ kg/m}^3$ .

$$\rho = 7860 \text{ kg/m}^3, m = 2 \text{ kg}, V = ?$$

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{2}{7860} \text{ m}^3 = 0,000254 \text{ m}^3 = 0,254 \text{ l}$$

Na výrobu dvoukilového závaží potřebujeme 0,254 litru železa.

**Pedagogická poznámka:** Vyjadřování ze vzorce je více rozebíráno v hodině 010107, na tomto místě nechávám i žáky, kteří dosazují do vztahu  $\rho = \frac{m}{V}$ , pouze ukazují, že při odvození si můžeme odvozený vzorec zkontrolovat.

**Př. 10:** Standardní zlatá cihla má tvar kvádru o rozměrech 245 x 69 x 37 mm. Urči její hmotnost. Hustota zlata je přibližně  $19300 \text{ kg/m}^3$ .

$$a = 245 \text{ mm} = 0,245 \text{ m}, b = 69 \text{ mm} = 0,069 \text{ m}, c = 37 \text{ mm} = 0,037 \text{ m}, \rho = 19300 \text{ kg/m}^3,$$

$$m = ?$$

$$m = \rho V = \rho abc = 19300 \cdot 0,245 \cdot 0,069 \cdot 0,037 \text{ kg} = 12,1 \text{ kg}$$

Zlatá cihla má hmotnost 12,1 kg.

**Pedagogická poznámka:** Žáci si většinou spočítají objem zvlášť, v této fázi to nevádí.

**Dodatek:** Je tedy těžko představitelné, že by lupiči naházeli do jedné tašky dvacet zlatých cihel a pak s touto taškou někam utíkali.

**Dodatek:** Doporučený tvar zlaté cihly London Good Delivery není přesný kvádr, ale komolý hranol o následujících rozměrech: dolní podstava 255 x 81 mm, horní podstava 236 x 57 mm, výška 37 mm.

**Shrnutí:** Za hustotu  $\rho$  látky považujeme hmotnost  $1 \text{ m}^3$  této látky. Udáváme ji v  $\text{kg/m}^3$ .