

1. Řešený příklad:

Rozhodněte, zda je lidské tělo pevné nebo kapalné těleso. Určete hustotu lidského těla o hmotnosti 80 kg, jestliže v odměrné vaně vytlačilo celkový objem 0,07 m³.

Matematický zápis:

$$m = 80 \text{ kg}; V = 0,07 \text{ m}^3; \rho = ?$$

Výpočet:

Střední hustotu ρ definujeme jako hmotnost m tělesa obsaženou v daném objemu V tělesa.

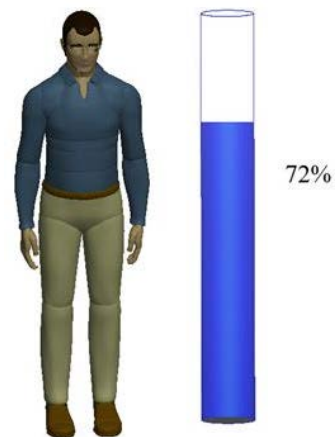
$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{80}{0,07} = 1142,86 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Odpověď:

Hustota lidského těla je individuální. V daném případě vypočtená hustota odpovídá střední hodnotě hustoty lidského těla (v lékařských tabulkách se uvádí 1100 kg·m⁻³). Náš konkrétní 80 kg vážící člověk má tedy v těle obsaženo průměrně 72 % vody, což činí 57,6 kg.

Přesněji lze konstatovat, že lidské tělo je „složené“ z pevných a kapalných částí, jejichž hustoty se při téže teplotě významně liší:

Kosti: 1700 - 2000 kg·m⁻³;
Kůže: 850 - 1000 kg·m⁻³;
Tuk: 940 kg·m⁻³;
Lidské tělo: 985 kg·m⁻³;
„(po nadechnutí) 945 kg·m⁻³, (po vydechnutí) 1025 kg·m⁻³;“



2. Řešený příklad:

Vnitřní tření je tření vznikající uvnitř tekutin z důvodu vzájemného silového působení mezi částicemi při proudění. Tekutina s větším vnitřním třením „teče pomaleji“. Na tělesa pohybující se v tekutině s větším vnitřním třením působí větší odporová síla. Skutečné kapaliny se od ideální kapaliny liší tím, že u nich při proudění dochází k přeměně části kinetické energie jednotlivých částic kapaliny v tepelnou energii. Dochází tedy k přeměně kinetické energie uspořádaného pohybu v kinetickou energii neuspořádaného pohybu. Závisí vnitřní tření materiálu tekutiny na teplotě a na hustotě?

Řešení:

Kapaliny jsou látky, které se účinkem i malé vnější síly trvale deformují, tj. tečou. Rychlost toku kapaliny je tím větší, čím větší je vnější síla a čím menší jsou vnitřní síly, které působí proti toku. Vnitřní síly (vnitřní tření) vznikají v kapalině jako důsledek tepelného pohybu a mezimolekulárních přitažlivých sil. Při malých rychlostech proudění (laminární proudění) se tok kapalin uskutečňuje jako smyková deformace, která charakterizuje změnu materiálu při smykovém (tečném) napětí. Při laminárním proudění reálné tekutiny vzniká v důsledku mezimolekulárních sil ve stykové ploše dvou vrstev

pohybujících se různou rychlostí v tečné napětí τ , jímž se snaží rychlejší vrstva urychlovat vrstvu pomalejší a ta naopak zpomalovat vrstvu rychlejší. Podle Newtona je toto tečné napětí přímo úměrné gradientu rychlosti, tj. přírůstku rychlosti dv mezi dvěma přiléhajícími vrstvami dělenému vzdáleností vrstev dy .

$$\frac{dv}{dy}$$

Platí tedy:

$$\tau = \eta \frac{dv}{dy}, \quad \eta = [\text{Pa} \cdot \text{s}]$$

kde konstanta úměrnosti η se nazývá dynamická viskozita. V hydrodynamických rovnicích se často užívá kromě termínu dynamická viskozita také termín kinematická viskozita ν . Tyto fyzikální veličiny jsou vzájemně na sobě závislé právě s přihlédnutím k hustotě ρ tekutiny.

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}, \quad \nu = \left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right]$$

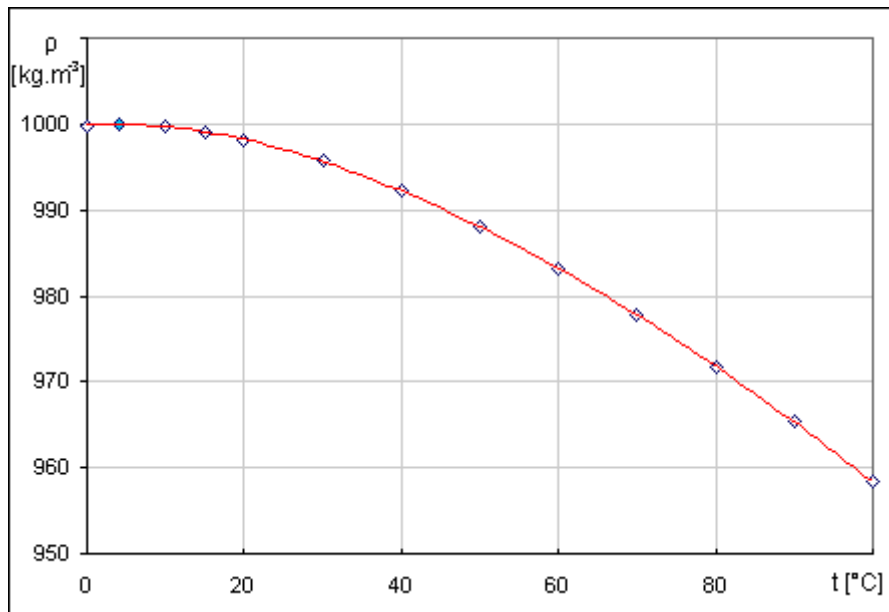
Závěr:

Viskozita kapalin s rostoucí teplotou klesá, protože při nižších teplotách se mohou molekuly shlukovat ve větší celky, při zahřátí kapaliny se tyto celky rozpadají. Většina tekutin má uvedenou viskozitu dynamickou i kinematickou právě v závislosti na teplotě v tabulkách, pouze u některých plynů je třeba viskozitu za dané teploty změřit.

Na teplotě je závislá i hustota látek, je třeba si podle fyzikálních tabulek hodnoty používané pro výpočty ověřit, případně změřit.

Tabulka 1.: Závislost dynamické a kinematické viskozity destilované vody na teplotě.

Teplota [°C]	Dynamická viskozita 10^{-3} [Pa.s]	Kinematická viskozita 10^{-6} [m^2s^{-1}]
0	1,787	1,787
5	1,519	1,519
10	1,307	1,307
20	1,002	1,004
30	0,798	0,801
40	0,653	0,658
50	0,547	0,553
60	0,467	0,475
70	0,404	0,413
80	0,355	0,365
90	0,315	0,326
100	0,282	0,294



Obr.1.: Závislost hustoty destilované vody na teplotě.

3. Řešený příklad

Rozhodněte, která z následujících kapalin má největší povrchové napětí σ při teplotě 20°C.

voda: $\sigma_1 = 0,073 \frac{J}{m^2}$

petrolej: $\sigma_2 = 0,27 \frac{mN}{cm}$

rtuť: $\sigma_3 = 0,472 \frac{mN}{mm}$

terpentýnový olej: $\sigma_4 = 27 \cdot 10^{-3} \frac{N}{m}$

Řešení:

Všechna povrchová napětí vyjádříme v jednotkách $\frac{N}{m}$ a potom porovnáme jejich číselné hodnoty:

$$\sigma_1 = 0,073 \frac{J}{m^2} = 0,073 \frac{N \cdot m}{m^2} = 0,073 \frac{N}{m},$$

$$\sigma_2 = 0,27 \frac{mN}{cm} = 27 \cdot 10^{-5} \frac{N}{(10^{-2}m)} = 0,027 \frac{N}{m},$$

$$\sigma_3 = 0,472 \frac{mN}{mm} = 0,472 \cdot 10^{-3} \frac{N}{(10^{-3}m)} = 0,472 \frac{N}{m},$$

$$\sigma_4 = 0,027 \frac{N}{m}.$$

Největší povrchové napětí vykazuje při 20°C rtuť.

4. Otázky:

Jakými metodami lze **viskozitu tekutin měřit**?

- kapilárními viskozimetry a výtokové, využívajícími platnost zákona laminárního proudění v kruhovém potrubí, tj. kapiláře;
- kuličkovými viskozimetry, využívajícími platnosti zákona při laminárním obtékání kuličky;
- rotačními viskozimetry v provedení dvou sousých válců, z nichž jeden stojí a druhý se otáčí (užívá se rovněž provedení kužel – deska, obvykle se kužel otáčí a deska stojí);
- vibračními viskozimetry, využívajícími tlumících schopností tekutiny jako důsledek její viskozity.

Použitá literatura:

[1] – NOSKIEVIČ J. a kol.: Mechanika tekutin. Praha: SNTL, 1987.

[2] – JANALÍK J., ŠŤÁVA P.: Mechanika tekutin. Ostrava: VŠB TU, 2002.

[3] – WALKER, Jearl. Halliday & Resnick fundamentals of physics. Tenth edition, extended.

Hoboken: Wiley, 2014. ISBN 978-1-118-23061-9.