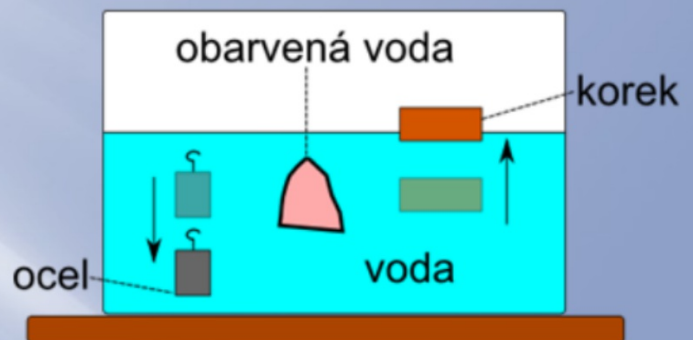


POTÁPĚNÍ, VZNÁŠENÍ SE A PLOVÁNÍ TĚLES V KAPALINĚ

POKUS:

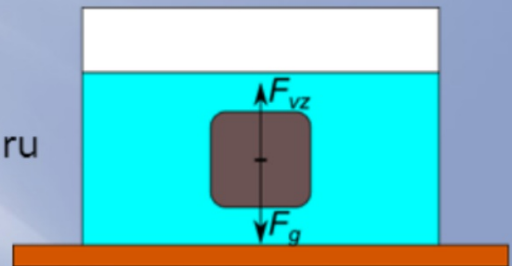
- ▣ ve stejné hloubce pod hladinou vody přidržíme:
 - ocelové závaží
 - korkovou zátku
 - mikrotenový sáček naplněný vodou



CHOVÁNÍ STEJNORODÝCH TĚLES PONOŘENÝCH DO KAPALINY:

▣ NA TĚLESO PŮSOBÍ SOUČASNĚ DVĚ SÍLY:

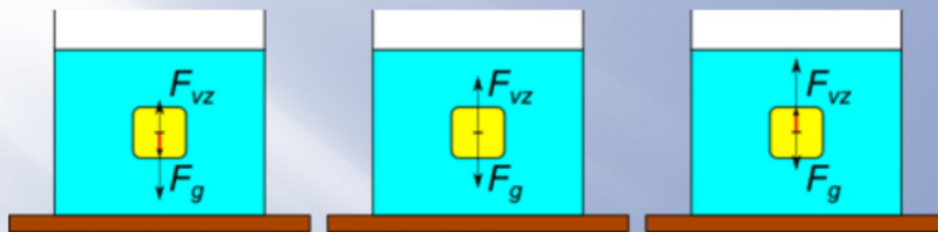
- GRAVITAČNÍ SÍLA F_g - směr dolů
($F_g = m_t \cdot g = V_t \rho_t g$)
- VZTLAKOVÁ SÍLA F_{vz} - směr vzhůru
($F_{vz} = V_t \rho_k g$)



▣ O CHOVÁNÍ TĚLES ROZHODUJE JEJICH VÝSLEDNICE:

- mají opačné směry, proto:
 - velikost výslednice bude dána rozdílem jejich velikostí
 - směr výslednice bude podle větší z nich

MOHOU NASTAT 3 PŘÍPADY:



TĚLESO SE POTÁPÍ
(KLESNE KE DNU)

$$F_g > F_{vz}$$

$$V_t \rho_t g > V_t \rho_k g$$

$$\rho_t > \rho_k$$

VZNÁŠÍ SE

$$F_g = F_{vz}$$

$$V_t \rho_t g = V_t \rho_k g$$

$$\rho_t = \rho_k$$

STOUPÁ (DOKUD
NEZAČNE PLOVAT)

$$F_g < F_{vz}$$

$$V_t \rho_t g < V_t \rho_k g$$

$$\rho_t < \rho_k$$

- ▣ v obou vztazích je V_t a g stejné → pro porovnání sil jsou rozhodující hustoty ρ_t a ρ_k

PŘEHLEDNÁ TABULKA

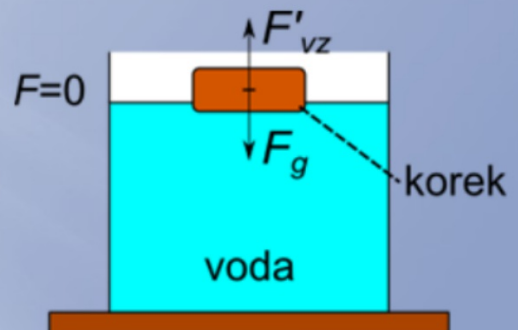
VZTAH MEZI HUSTOTOU LÁTKY ρ_t , ZE KTERÉ JE TĚLESO, A HUSTOTOU KAPALINY ρ_k	VZTAH SIL PŮSOBÍCÍCH NA TĚLESO	VÝSLEDNICE SIL	CHOVÁNÍ TĚLESA V KAPALINĚ
$\rho_t > \rho_k$	$F_g > F_{vz}$	SMĚŘUJE SVISLE DOLŮ	POTÁPÍ SE
$\rho_t = \rho_k$	$F_g = F_{vz}$	JE NULOVÁ	VZNÁŠÍ SE
$\rho_t < \rho_k$	$F_g < F_{vz}$	SMĚŘUJE SVISLE VZHŮRU	STOUPÁ

PLOVÁNÍ TĚLESA

- ▣ **PLOVÁNÍ TĚLESA** = těleso se vzhledem k hladině kapaliny ustálí, stoupání se zastaví

- ▣ př. korková zátka:

- na počátku je $F_{vz} > F_g$... těleso stoupá
- část tělesa se postupně vynoří nad hladinu, objem ponořené části se zmenšuje
- F_{vz} se postupně zmenšuje až dosáhne velikosti gravitační síly F_g ... těleso se ustálí a začne plovat



- ▣ vynoří se taková část tělesa, aby gravitační síla F_g a „nová – menší“ vztlaková síla F'_{vz} byly v rovnováze

$$F_{vz} = F'_{vz} = F_g$$

- ▣ F'_{vz} odpovídá ponořené části tělesa

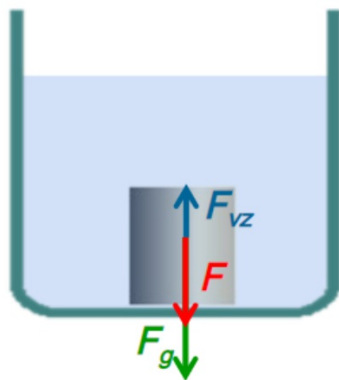
[obr2]



Potápění, plování a vznášení se stejnorodého tělesa v kapalině



(Učebnice strana 123 – 125)



Do vody ponoříme hliníkový váleček.

Váleček klesá ke dnu, **potápí se**.

Na hliníkový váleček ve vodě působí gravitační síla F_g a vztlaková síla F_{vz} .

$$F_g = mg, \quad m = V\rho$$

$$F_g = V\rho g$$

hustota hliníku je

$$\rho = 2\,700 \text{ kg/m}^3$$

$$F_{vz} = V\rho_k g$$

hustota vody je

$$\rho_k = 1\,000 \text{ kg/m}^3$$

Vztlaková síla F_{vz} působí na hliníkový váleček o objemu V . Hustota hliníku je větší než hustota vody, pro výslednou sílu F působící na váleček platí:

$$F_g > F_{vz}$$

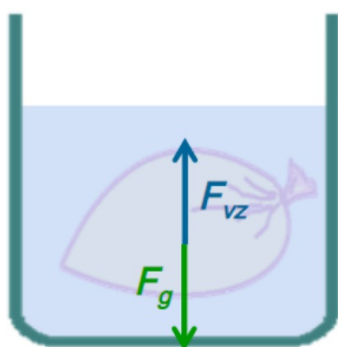
$$F = F_g - F_{vz}$$

$$F = V\rho g - V\rho_k g$$

$$F = Vg(\rho - \rho_k) \Rightarrow \rho > \rho_k$$

Těleso v kapalině

klesá, je-li $\rho > \rho_k$.



Do vody ponoříme mikrotenový sáček naplněný vodou.

Hmotnost i objem sáčku jsou zanedbatelné.

Objem vytlačené vody je stejný jako objem vody v sáčku.

Na mikrotenový sáček naplněný vodou ve vodě působí gravitační síla F_g a vztlaková síla F_{vz} .

$$F_g = mg, \quad m = V\rho$$

$$F_g = V\rho g$$

hustota vody v sáčku je

$$\rho = 1\,000 \text{ kg/m}^3$$

$$F_{vz} = V\rho_k g$$

hustota vody je

$$\rho_k = 1\,000 \text{ kg/m}^3$$

Mikrotenový sáček naplněný vodou **se** v nádobě volně **vznáší**.

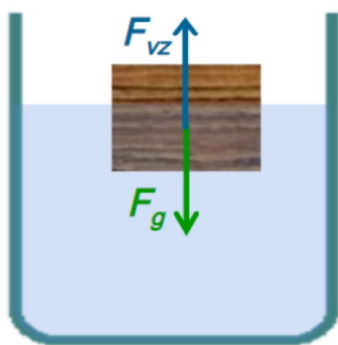
Svisle nahoru na něj působí vztlaková síla F_{vz} , dolů gravitační síla F_g .

Výsledná síla $F = 0 \text{ N}$. Platí tedy:

$$F_g = F_{vz} \quad V\rho g - V\rho_k g = 0$$

$$F_g - F_{vz} = 0 \quad Vg(\rho - \rho_k) = 0 \Rightarrow \rho = \rho_k$$

Těleso se v kapalině volně vznáší, je-li $\rho = \rho_k$.



Do vody ponoříme dřevěný kvádr.

Aby se dřevěný kvádr ponořil celý, musíme ho pod vodou přidržet.

Na dřevěný kvádr zcela ponořený ve vodě působí gravitační síla F_g a vztlaková síla F_{vz} .

$$F_g = mg, \quad m = V\rho$$

$$F_g = V\rho g$$

hustota dřeva je

$$\rho = 750 \text{ kg/m}^3$$

$$F_{vz} = V\rho_k g$$

hustota vody je

$$\rho_k = 1\,000 \text{ kg/m}^3$$

Vztlaková síla F_{vz} působí na zcela ponořený dřevěný kvádr o objemu V . Hustota dřeva je menší než hustota vody, pro výslednou sílu F platí:

$$F_g < F_{vz} \quad F = V\rho_k g - V\rho g$$

Je-li $\rho_k > \rho$, těleso v kapalině

$$F = F_{vz} - F_g \quad F = Vg(\rho_k - \rho) \Rightarrow \rho_k > \rho \quad \text{stoupá k hladině.}$$

Nepůsobí-li na zcela ponořený dřevěný kvádr žádná vnější síla, vlivem větší vztlakové síly F_{vz} výsledná síla F působí směrem nahoru, kvádr stoupá k hladině a vynořuje se. Tím se zmenšuje objem ponořené části kvádrů a tedy i vztlaková síla. Těleso **plove na hladině**, je-li vztlaková síla rovna gravitační síle F_g .

Otázky a úlohy:

1. Kostku ledu ponoříme celou do vody ve sklenici a pak ji uvolníme. Popište co pozorujete a vysvětlete. Zkuste odhadnout, jaká část kostky vyčnívá nad hladinu.
 - ▣ kostka vystoupá na hladinu vody a plove
 - ▣ důvodem je menší hustota ledu než hustota vody
 - hustota ledu při teplotě 0°C je 917kg/m^3
 - vyčnívá asi $\frac{1}{10}$ objemu kostky

Otázky a úlohy:

2. Stejnorodé kostky jsou vyrobeny z oceli, borového dřeva, mosazi, bakelitu, pryže, duralu. Pomocí tabulek vyberte, které z těchto kostek by plovaly v glycerolu.
 - ▣ hustota glycerolu: $\rho = 1\,260 \text{ kg/m}^3$
 - ▣ potápí se: ocel ($7\,850 \text{ kg/m}^3$),
mosaz ($8\,600 \text{ kg/m}^3$), dural ($2\,800 \text{ kg/m}^3$)
 - ▣ plove: borové dřevo (500 kg/m^3),
bakelit ($1\,200 \text{ kg/m}^3$), pryž ($1\,100 \text{ kg/m}^3$)

Otázky a úlohy:

3. Hliníkovou lžící a parafínovou svíčku zcela ponoř a) do vody, b) do ethanolu. Obě tělesa přidrž v klidu pod hladinou kapaliny a poté je uvolni. Popiš a vysvětli výsledek pokusu v obou případech.
- (hustoty: hliník $2\,700\text{ kg/m}^3$, parafín 900 kg/m^3 , ethanol 789 kg/m^3)
- a) hustota vody: $\rho = 1\,000\text{ kg/m}^3$
- hliníková lžice ($2\,700\text{ kg/m}^3$) ... klesá ke dnu
 - parafínová svíčka (900 kg/m^3) ... stoupá ke hladině a pak plove
- b) hustota ethanolu: $\rho = 789\text{ kg/m}^3$
- hliníková lžice ($2\,700\text{ kg/m}^3$) ... opět klesá ke dnu
 - parafínová svíčka (900 kg/m^3) ... nyní klesá ke dnu

Otázky a úlohy:

4. Proč velký kmen stromu ve vodě plove a kamínek s malou hmotností se v té samé vodě potápí ke dnu?
 - ▣ vše závisí na hustotě daného tělesa
 - ▣ hustota vody: $\rho = 1\,000\text{ kg/m}^3$
 - dřevo $\rho = 500 - 700\text{ kg/m}^3$... plove
 - kámen (např. žula) $\rho = 2\,600\text{ kg/m}^3$... klesá ke dnu

Otázky a úlohy:

5. Stejnorodé těleso má hmotnost 4,2 kg a objem 5,4 dm³. Rozhodněte, zda bude toto těleso ve vodě klesat ke dnu, vznášet se nebo plovat.

- ▣ Řešení:

$$m = 4,2 \text{ kg}$$

$$V = 5,4 \text{ dm}^3 = 0,005 4 \text{ m}^3$$

$$\rho = ? \text{ kg/m}^3$$

- ▣ hustota vody je $\rho_{\text{vody}} = 1 000 \text{ kg/m}^3$
- ▣ těleso bude ve vodě stoupat a pak plovat

Otázky a úlohy:

6. Destička z hliníku o objemu 160 cm^3 se ve vodě potápí. Hustota hliníku je $2\,700 \text{ kg/m}^3$.

a) Určete gravitační sílu, kterou působí Země na destičku.

$$\rho_t = 2\,700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$
$$V_t = 160 \text{ cm}^3 = 0,000\,16 \text{ m}^3$$
$$F_g = ? \text{ N}$$

b) Určete vztlakovou sílu, která působí na destičku ponořenou ve vodě.

$$F_{vz} = V_t \rho_k g$$
$$F_{vz} = 0,000\,16 \cdot 1\,000 \cdot 10 \text{ N} = 1,6 \text{ N}$$

c) Porovnejte velikosti těchto sil a zdůvodněte, zda je první věta v zadání úlohy pravdivá.

- vztlaková síla je menší než síla gravitační, tedy věta v zadání je pravdivá, destička se potápí

Otázky a úlohy:

7. Stejnorodá ledová krychle o délce hrany 1,0 m plove ve vodě. Hustota ledu je 920 kg/m^3 . Jaká vztlaková síla působí na krychli? V jaké hloubce je dolní podstava?

▣ Řešení:

$$a = 1,0 \text{ m} \rightarrow V = 1 \text{ m}^3$$

$$\rho = 920 \text{ kg/m}^3$$

$$F_{\text{vz}} = ? \text{ N}$$

$$h = ? \text{ m}$$

$$F'_{\text{vz}} = F_g = m_t g = V_t \rho_t g$$

$$F'_{\text{vz}} = 1 \cdot 920 \cdot 10 \text{ N}$$

$$F'_{\text{vz}} = 9\,200 \text{ N} = 9,2 \text{ kN}$$

$$F'_{\text{vz}} = V'_t \rho_k g$$

$$V'_t = \frac{F'_{\text{vz}}}{\rho_k g} = \frac{9\,200}{1000 \cdot 10} \text{ N}$$

$$V'_t = 0,92 \text{ m}^3$$

$$V'_t = a \cdot b \cdot h$$

$$h = \frac{0,92}{1 \cdot 1} \text{ m} = 0,92 \text{ m}$$

Příklady:

1) Na siloměr zavěsíme ocelové závaží o hmotnosti 100 g. Jaká síla působí na siloměr při ponoření závaží do vody?

$$m = 100 \text{ g} = 0,1 \text{ kg}$$

$$\rho_1 = 7\,800 \text{ kg/m}^3 \text{ (ocel)}$$

$$\rho_2 = 1\,000 \text{ kg/m}^3 \text{ (voda)}$$

$$F = ? \text{ N}$$

$$F_g = mg$$

$$F_{vz} = V\rho_k g$$

$$F_g = 0,1 \cdot 10$$

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

$$F_g = 1 \text{ N}$$

$$F_{vz} = \frac{0,1}{7\,800} \cdot 1\,000 \cdot 10$$

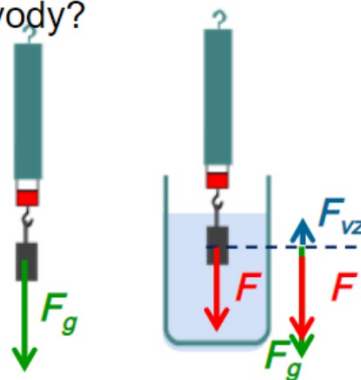
$$F_{vz} = 0,128 \text{ N} \doteq 0,13 \text{ N}$$

$$F_g > F_{vz}$$

$$F = F_g - F_{vz}$$

$$F = 1 - 0,13$$

$$\underline{F = 0,87 \text{ N}}$$



Při ponoření závaží do vody působí na siloměr síla 0,87 N.

- 2) Svíčku o objemu 125 cm^3 a hmotnosti 115 g ponoříme nejdříve do vody, potom do oleje (hustota oleje je 920 kg/m^3) a nakonec do ethanolu. Jak se těleso v dané kapalině bude chovat? Vypočítej výslednou sílu, která působí na svíčku.

$$m = 115 \text{ g} = 0,115 \text{ kg}$$

$$V = 125 \text{ cm}^3 = 0,000125 \text{ m}^3$$

$$\rho_{k1} = 1000 \text{ kg/m}^3 \text{ (voda)}$$

$$\rho_{k2} = 920 \text{ kg/m}^3 \text{ (olej)}$$

$$\rho_{k3} = 789 \text{ kg/m}^3 \text{ (voda)}$$

$$F_1 = ? \text{ N}$$

$$F_2 = ? \text{ N}$$

$$F_3 = ? \text{ N}$$

$$F_g = mg$$

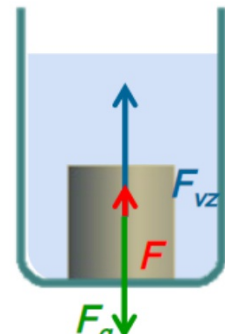
$$F_g = 0,115 \cdot 10$$

$$F_g = 1,15 \text{ N}$$

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

$$\rho = \frac{115}{125}$$

$$\rho = 0,92 \text{ g/cm}^3 = 920 \text{ kg/m}^3$$



$\rho_1 > \rho \Rightarrow F_g < F_{vz}$
Ve vodě stoupá k hladině.

$\rho_2 = \rho \Rightarrow F_g = F_{vz}$
V oleji se volně vznáší.

$\rho_3 < \rho \Rightarrow F_g > F_{vz}$
V ethanolu klesá ke dnu.

$$F_{vz1} = V\rho_{k1}g$$

$$F_{vz1} = 0,000125 \cdot 1000 \cdot 10$$

$$F_{vz1} = 1,25 \text{ N}$$

$$F_1 = F_{vz} - F_g$$

$$F_1 = 1,25 - 1,15$$

$$F_1 = 0,2 \text{ N}$$

$$F_{vz2} = V\rho_{k2}g$$

$$F_{vz2} = 0,000125 \cdot 920 \cdot 10$$

$$F_{vz2} = 1,15 \text{ N}$$

$$F_2 = F_{vz} - F_g$$

$$F_2 = 1,15 - 1,15$$

$$F_2 = 0 \text{ N}$$

$$F_{vz3} = V\rho_{k3}g$$

$$F_{vz3} = 0,000125 \cdot 789 \cdot 10$$

$$F_{vz3} = 0,98625 \text{ N} \approx 1 \text{ N}$$

$$F_3 = F_g - F_{vz}$$

$$F_3 = 1,15 - 1$$

$$F_3 = 0,15 \text{ N}$$

- 3) Svíčku o objemu 125 cm^3 a hmotnosti 115 g ponoříme do vody.
Jaká část svíčky zůstane ponořená?

$$m = 115 \text{ g} = 0,115 \text{ kg}$$

$$V = 125 \text{ cm}^3$$

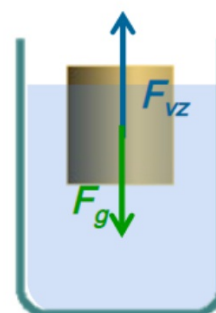
$$\rho_k = 1\,000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ g/cm}^3 (\text{voda})$$

$$V_P = ? \text{ cm}^3$$

$$F_g = mg$$

$$F_g = 0,115 \cdot 10$$

$$F_g = 1,15 \text{ N}$$



Těleso na hladině plove, je-li gravitační síla F_g rovna vztlačové síle F_{vz} ponořené části tělesa.

$$F_g = F_{vz}$$

$$mg = V_P \rho_k g \quad \Rightarrow \quad V_P = \frac{mg}{\rho_k g} = \frac{m}{\rho_k}$$

Dosadíme-li hmotnost v g a hustotu v g/cm^3 , pak objem ponořené části tělesa V_P vypočítáme v cm^3 .

$$V_P = \frac{115}{1}$$

$$\underline{\underline{V_P = 115 \text{ cm}^3}}$$

$$\frac{V_P}{V} = \frac{115}{125}$$

$$\frac{V_P}{V} = 0,92 = 92 \%$$

Ve vodě bude ponořená část o objemu 115 cm^3 , to je 92 % původního objemu svíčky.