

<b>34_Mechanické vlastnosti kapalin.....</b>	<b>2</b>
Pascalův zákon .....	2
<b>35_Tlak - příklady.....</b>	<b>2</b>
<b>36_Hydraulické stroje .....</b>	<b>3</b>
<b>37_PL: Hydraulické stroje - řešení .....</b>	<b>4</b>
<b>38_Účinky gravitační síly Země na kapalinu .....</b>	<b>6</b>
Hydrostatická tlaková síla .....	6
<b>39_Hydrostatická tlaková síla – příklady .....</b>	<b>7</b>
<b>40_Hydrostatický tlak .....</b>	<b>8</b>
<b>41_Hladina kapaliny ve spojených nádobách .....</b>	<b>9</b>
<b>42_Vztlková síla působící na těleso v kapalině.....</b>	<b>9</b>
<b>43_Archimédův zákon.....</b>	<b>10</b>
<b>43_Chování těles v kapalině .....</b>	<b>11</b>
<b>44_Plování nestejnorodých těles.....</b>	<b>11</b>
<b>45_PL: Vztlková síla - řešení.....</b>	<b>13</b>
<b>46_Mechanické vlastnosti plynů .....</b>	<b>14</b>
<b>47_Atmosférický tlak - příklady.....</b>	<b>14</b>
<b>48_Vztlková síla působící na těleso v atmosféře Země .....</b>	<b>17</b>
<b>49_Tlak plynu v uzavřené nádobě .....</b>	<b>18</b>

## 34\_Mechanické vlastnosti kapalin

- ⊙ jsou tekuté, dělitelné
- ⊙ volná hladina je vodorovná, ve spojených nádobách ve stejné výši,
- ⊙ ideální kapalina je nestlačitelná
- ⊙ kapalně těleso má stálý objem, tvar se přizpůsobuje tvaru nádoby.

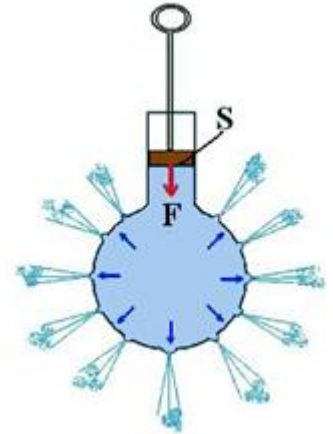
### Pascalův zákon

Působením vnější tlakové síly na volnou hladinu kapaliny **v uzavřené nádobě** se ve všech místech kapaliny **zvýší tlak stejně**. Zvýšení tlaku vypočteme:

$$p = \frac{F}{S}$$

F – vnější tlaková síla působící na volnou hladinu

S – obsah pístu



## 35\_Tlak - příklady

Př: Kolmo na volnou hladinu kapaliny v nádobě působí píst o obsahu 0,10 m<sup>2</sup>, tlakovou silou 2560 N. Jak velký tlak v kapalině vznikne?

$$S = 0,1 \text{ m}^2$$

$$F = 2560 \text{ N}$$

$$p = ? \text{ [Pa]}$$

$$p = \frac{F}{S} = \frac{2560}{0,1} = 25600 \text{ Pa} = 25,6 \text{ kPa}$$

V kapalině vznikne tlak 25,6 kPa.

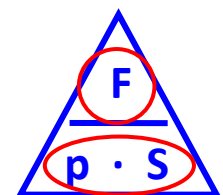
Př: Na píst o obsahu 0,040 m<sup>2</sup>, který se dotýká volné hladiny kapaliny, působí vnější tlaková síla. Určete velikost této síly, jestliže v kapalině vznikne tlak 1,2 kPa.

$$S = 0,040 \text{ m}^2$$

$$p = 1,2 \text{ kPa} = 1\,200 \text{ Pa}$$

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

$$F = p \cdot S = 1200 \cdot 0,04 = 48 \text{ N}$$

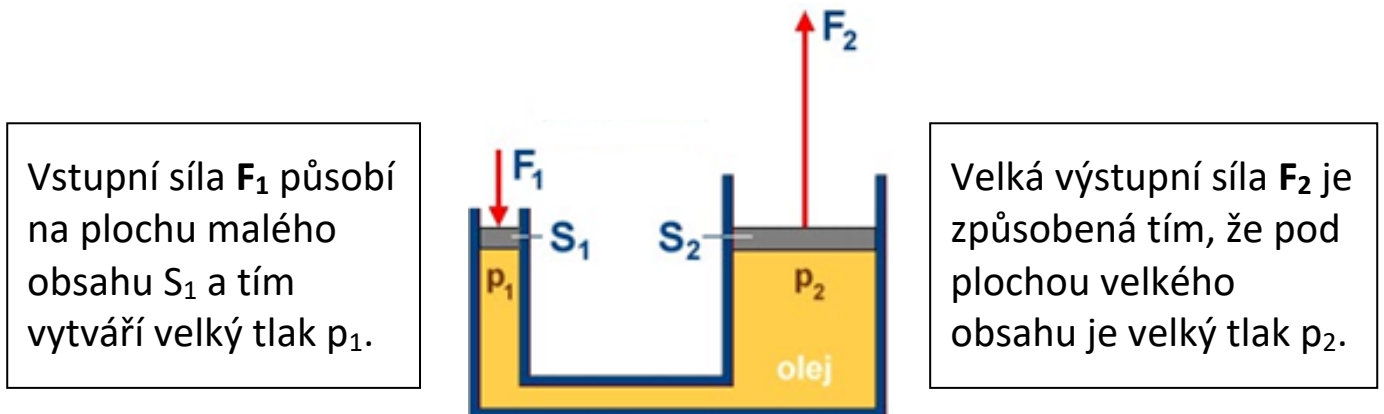


Na píst působí tlaková síla 48 N.

## 36\_Hydraulické stroje

Hydraulické stroje umožňují:

- 1) přenášet tlakovou sílu
- 2) zvětšovat přenášenou tlakovou sílu



**Tlak** vyvolaný vnější silou  $F_1$  je ve všech místech kapaliny **stejný (Pascalův z.)**

$$p_1 = p_2$$

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

po úpravě

$$\frac{S_2}{S_1} = \frac{F_2}{F_1}$$

Kolikrát je obsah velkého pístu  $S_2$  větší než obsah malého pístu  $S_1$ , tolikrát je síla působící na velký píst  $F_2$  větší než síla působící na malý píst  $F_1$ .

## 37\_PL: Hydraulické stroje - řešení

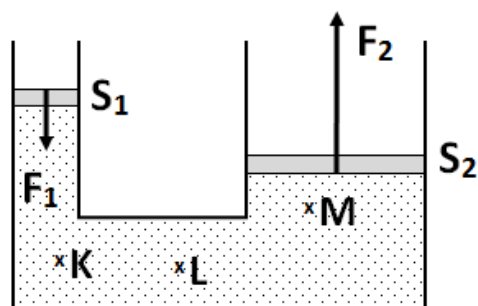
Př: 1

Porovnej tlak vody v místě K, L a M

**ve všech místech je tlak stejně velký**

Př.: 2

Dopočítej chybějící údaj - řešení úvahou



Kolikrát je obsah velkého pístu  $S_2$  větší než obsah malého pístu  $S_1$ , tolikrát je síla působící na velký píst  $F_2$  větší než síla působící na malý píst  $F_1$ .

Počítáme-li  $S_1$  nebo  $F_1$ , ptáme se: „Kolikrát je **menší?**“.

Počítáme-li  $S_2$  nebo  $F_2$ , ptáme se: „Kolikrát je **větší?**“.

Př.	$S_1$	$S_2$	$S_2/S_1$	$F_1$	$F_2$	$F_2/F_1$
1.	20 cm <sup>2</sup>	60 cm <sup>2</sup>	<b>3 x ↑</b>	100 N	<b>300 N</b>	<b>3 x ↑</b>
2.	10 cm <sup>2</sup>	<b>40 cm<sup>2</sup></b>	<b>4 x ↑</b>	200 N	800 N	<b>4 x ↑</b>
3.	1 dm <sup>2</sup>	10 dm <sup>2</sup>	<b>10 x ↓</b>	<b>200 N</b>	2000 N	<b>10 x ↓</b>
4.	<b>0,2 dm<sup>2</sup></b>	2 dm <sup>2</sup>	<b>10 x ↓</b>	0,5 kN	5 kN	<b>10 x ↓</b>
5.	4 cm <sup>2</sup>	<b>400 cm<sup>2</sup></b>	<b>100 x ↑</b>	60 N	6000 N	<b>100 x ↑</b>
6.	5 cm <sup>2</sup>	100 cm <sup>2</sup>	<b>20 x ↑</b>	30 N	<b>600 N</b>	<b>20 x ↑</b>
7.	<b>2 dm<sup>2</sup></b>	800 dm <sup>2</sup>	<b>400 x ↓</b>	100 N	40000 N	<b>400 x ↓</b>
8.	1 dm <sup>2</sup>	3 dm <sup>2</sup>	<b>3 x ↓</b>	<b>2 kN</b>	6 kN	<b>3 x ↓</b>
9.	5 cm <sup>2</sup>	1 dm <sup>2</sup> 100 cm <sup>2</sup>	<b>20 x ↑</b>	30 N	<b>600 N</b>	<b>20 x ↑</b>
10.	1 cm <sup>2</sup>	<b>400 cm<sup>2</sup></b>	<b>400 x ↑</b>	20 N	8 kN 8000 N	<b>400 x ↑</b>

Pozn.:

Jsou-li oba obsahy uvedeny ve stejné jednotce např. v cm<sup>2</sup>, nemusíme převádět na m<sup>2</sup>.

Jsou-li obě síly uvedeny ve stejné jednotce např. v kN, nemusíme převádět na N.

**Př.: 3**

Vypočti tlak v kapalině, má-li malý píst obsah  $20 \text{ cm}^2$  a působí na něj síla  $50 \text{ N}$ . Jak velkou silou působí voda na velký píst, je-li jeho obsah  $200 \text{ cm}^2$ ?

$$S_1 = 20 \text{ cm}^2 = 0,002 \text{ m}^2$$

$$S_2 = 200 \text{ cm}^2 = 0,02 \text{ m}^2$$

$$F_1 = 50 \text{ N}$$

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

$$p = ? \text{ [Pa]}$$


---

$$p = \frac{F_1}{S_1} = \frac{50}{0,002} = 25000 \text{ Pa} = 25 \text{ kPa}$$

V kapalině vznikne tlak  $25 \text{ kPa}$ .

$$F_2 = p \cdot S_2 = 25000 \cdot 0,02 = 500 \text{ N}$$

Na velký píst působí tlaková síla  $500 \text{ N}$ .

Úvahou:

Protože je obsah velkého pístu 10 krát větší, bude síla působící na velký píst 10 krát větší, tedy  $50 \cdot 10 = 500 \text{ N}$

**Př: 4**

Obsah velkého pístu hydraulického lisu je 50 krát větší než obsah malého pístu. Jak velkou tlakovou silou působí velký píst na lisované těleso, je-li velikost vnější síly působící na malý píst  $100 \text{ N}$ ?

$$\frac{S_2}{S_1} = 50$$

$$F_1 = 100 \text{ N}$$

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

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}$$

$$F_2 = \frac{S_2}{S_1} \cdot F_1 = 50 \cdot 100 = 5000 \text{ N}$$

Píst působí na lisované těleso silou  $5000 \text{ N}$ .

**Př: 5**

Vodní lis má písty o obsahu  $4 \text{ cm}^2$  a  $20 \text{ cm}^2$ . Vypočti velikost vnější tlakové síly potřebné pro získání síly  $300 \text{ N}$ .

$$S_1 = 4 \text{ cm}^2$$

$$S_2 = 20 \text{ cm}^2$$

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

$$F_2 = 300 \text{ N}$$


---

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2}$$

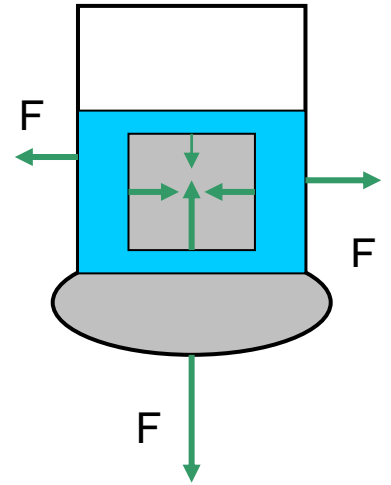
$$F_1 = \frac{S_1}{S_2} \cdot F_2 = \frac{4}{20} \cdot 300 = 60 \text{ N}$$

Úvahou:

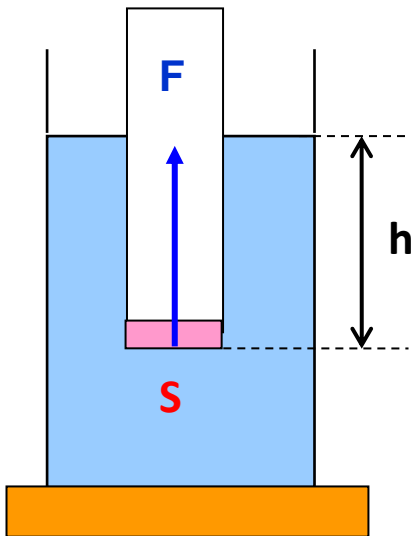
Protože je obsah malého pístu 5krát menší, bude vnější síla také 5krát menší, tedy  $300/5 = 60 \text{ N}$ .

## 38\_ Účinky gravitační síly Země na kapalinu

- na blánu působí svisle dolů **tlaková síla F** kapaliny, jejíž příčinou je gravitační síla Země působící na kapalinu
- tato tlaková síla **působí kolmo na všechny stěny nádoby, dno nádoby i plochy ponořených těles**



### Hydrostatická tlaková síla

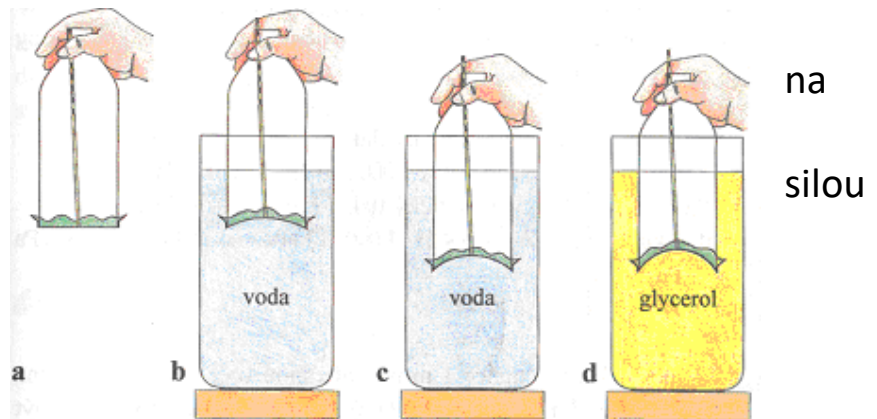


$$F_h = S \cdot h \cdot \rho \cdot g$$

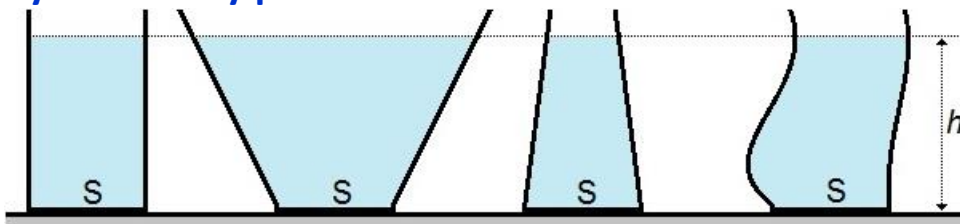
$F_h$ ...	hydrostatická tlaková síla	N
$S$ ...	obsah plochy	$m^2$
$h$ ...	hloubka	m
$\rho$ ...	hustota kapaliny	$kg/m^3$
$g$ ...	gravitační zrychlení	

videa: <http://matikaj.webnode.cz/news/hydrostaticka-tlakova-sila-hydrostaticky-tlak/>

- b,c,d) kapalina působí blánu svisle vzhůru tlakovou
- b,c) ve větší hloubce působí větší tlaková síla
- c,d) větší tlaková síla působí v kapalině s větší hustotou (glycerol)



### Hydrostatický paradox



Ve všech nádobách působí kapalina na dno stejně velkou tlakovou silou. Velikost hydrostatické tlakové síly **nezávisí na tvaru a celkovém objemu kapalného tělesa.**

## 39\_Hydrostatická tlaková síla – příklady

Př.: Válcová nádrž má obsah dna  $250 \text{ m}^2$  a je naplněna naftou do výšky  $10 \text{ m}$ . Urči tlakovou sílu, kterou působí nafta na dno nádrže. Hustota nafty je  $900 \text{ kg/m}^3$ .

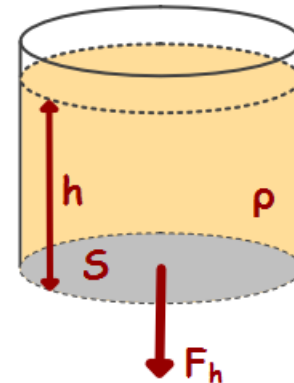
$$S = 250 \text{ m}^2$$

$$h = 10 \text{ m}$$

$$\rho = 900 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 10 \text{ N/kg}$$

$$F_h = ? [\text{N}]$$



$$F_h = S \cdot h \cdot \rho \cdot g$$

$$F_h = 250 \cdot 10 \cdot 900 \cdot 10 = 22500000 \text{ N} = 22,5 \text{ MN}$$

Nafta působí na dno nádrže tlakovou silou  $22,5 \text{ MN}$ .

Př.: Do akvária o délce dna  $50 \text{ cm}$  a šířce  $20 \text{ cm}$  je nalita voda do výšky  $30 \text{ cm}$ . Urči celkovou tlakovou sílu na dno nádoby.

$$a = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$$

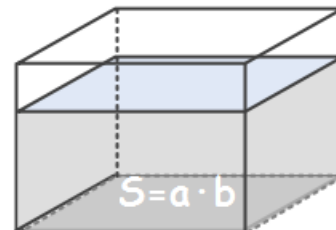
$$b = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$$

$$h = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 10 \text{ N/kg}$$

$$F_h = ? [\text{N}]$$



$$F_h = S \cdot h \cdot \rho \cdot g$$

$$F_h = a \cdot b \cdot h \cdot \rho \cdot g$$

$$F_h = 0,5 \cdot 0,2 \cdot 0,3 \cdot 1000 \cdot 10 = 300 \text{ N}$$

Na dno nádoby působí tlaková síla  $300 \text{ N}$ .

## 40\_Hydrostatický tlak

značka:  $p_h$       jednotka: Pa

$$p_h = \frac{F_h}{S} = \frac{\cancel{S} \cdot h \cdot \rho \cdot g}{S} = h \cdot \rho \cdot g \quad \text{výpočet:}$$

- hydrostatický tlak v kapalině roste s hloubkou  $h$  pod hladinou
- ve stejné hloubce je větší hydrostatický tlak v kapalině s větší hustotou

---

1. Jak velký je hydrostatický tlak v hloubce 10 m pod volnou hladinou vody?

$$h = 10 \text{ m}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 10 \text{ N/kg}$$

$$p_h = ? \text{ [Pa]}$$

$$p_h = h \cdot \rho \cdot g$$

$$p_h = 10 \cdot 1000 \cdot 10 = 100000 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa}$$

V hloubce 10 m je tlak 100 kPa.

2. Válcová nádrž má obsah dna  $250 \text{ m}^2$  a je naplněna naftou do výšky 9,5 m ode dna. Urči hydrostatický tlak u dna nádrže. Urči tlakovou sílu, kterou působí nafta na dno. Hustota nafty je  $800 \text{ kg/m}^3$ .

$$S = 250 \text{ m}^2$$

$$h = 9,5 \text{ m}$$

$$\rho = 800 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 10 \text{ N/kg}$$

$$p_h = ? \text{ [Pa]}$$

$$F_h = ? \text{ [N]}$$

$$p_h = h \cdot \rho \cdot g = 9,5 \cdot 800 \cdot 10 = 76000 \text{ Pa} = 76 \text{ kPa}$$

U dna nádrže je hydrostatický tlak 76 kPa.

$$F_h = S \cdot h \cdot \rho \cdot g = 250 \cdot 9,5 \cdot 800 \cdot 10 = 19000000 \text{ N} = 19 \text{ MN}$$

nebo

$$F_h = p_h \cdot S = 76000 \cdot 250 = 19000000 \text{ N} = 19 \text{ MN}$$

Nafta působí na dno tlakovou silou 19 MN.



3. Hydrostatický tlak u dna řeky je 42 kPa. Jak hluboká je řeka v tomto místě?

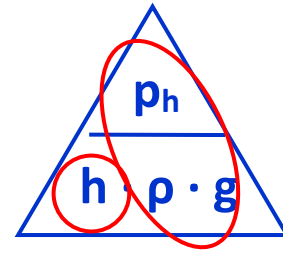
$$p_h = 42 \text{ kPa} = 42\,000 \text{ Pa}$$

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

$$g = 10 \text{ N/kg}$$

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

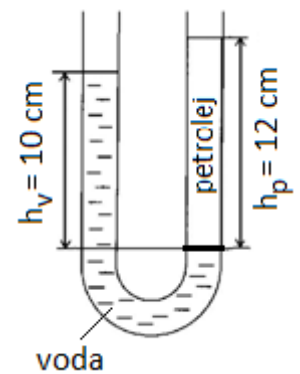
$$h = \frac{p_h}{\rho \cdot g} = \frac{42\,000}{1\,000 \cdot 10} = 4,2 \text{ m}$$



Dno se nachází v hloubce 4,2 m.

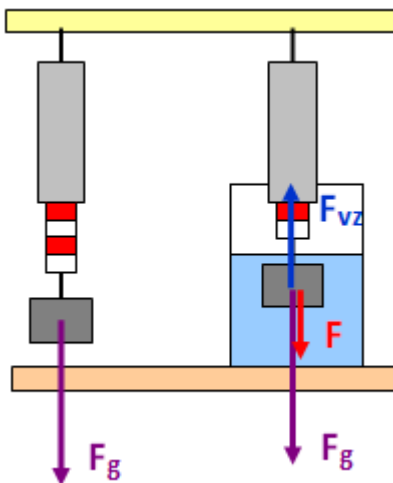
## 41\_Hladina kapaliny ve spojených nádobách

- ve spojených nádobách je hladina jedné kapaliny stejně vysoko
- jsou-li např. v U trubici **dvě kapaliny**, které se vzájemně nemísí, jsou hladiny **v různých výškách**
- hydrostatické tlaky na rozhraní kapalin jsou stejné
- lze využít k určení hustoty kapaliny



$h_v > h_p \Rightarrow$  **hustota vody je větší než hustota petroleje**

## 42\_Vztlaková síla působící na těleso v kapalině



$F_{vz}$  vztlaková síla kapaliny

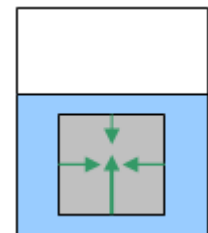
$F_g$  gravitační síla

**F ... výslednice sil**

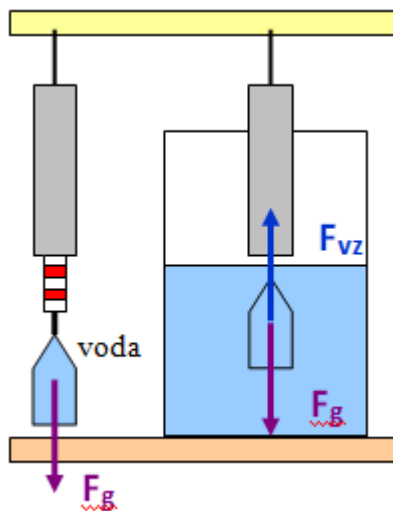
$$F = F_g - F_{vz}$$

Na těleso ponořené do kapaliny působí svisle vzhůru **vztlaková síla  $F_{vz}$** .

Je výslednicí tlakových sil působících na stěny tělesa.



## 43\_Archimédův zákon



Velikost vztlakové síly je rovna gravitační síle působící na kapalinu stejného objemu jakou má ponořená část tělesa.

$$F_{vz} = V_{pč} \cdot \rho_k \cdot g$$

$V_{pč}$  objem ponořené části tělesa

$\rho_k$  hustota kapaliny

vztlaková síla závisí:

- přímo úměrně **na objemu ponořené části tělesa**
- přímo úměrně **na hustotě kapaliny**

1. Dospělý muž má objem asi  $0,075 \text{ m}^3$ . Jak velká vztlaková síla na něj působí, ponoří-li se zcela do vody?

$$V = 0,075 \text{ m}^3$$

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

$$g = 10 \text{ N/kg}$$

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

$$F_{vz} = V_{pč} \cdot \rho_k \cdot g = 0,075 \cdot 1000 \cdot 10 = 750 \text{ N}$$

Na muže působí ve vodě vztlaková síla 750 N.

2. Na závaží, celé ponořené do vody, působí vztlaková síla o velikosti 0,6 N. Urči objem závaží.

$$F_{vz} = 0,6 \text{ N}$$

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

$$g = 10 \text{ N/kg}$$

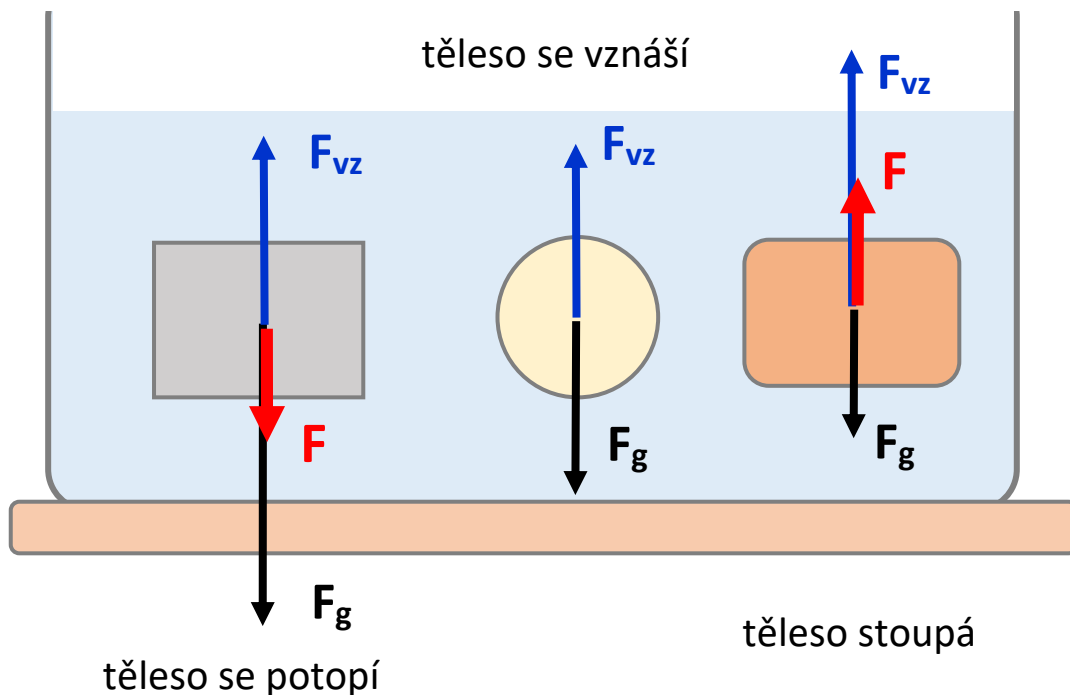
$$V = ? \text{ [m}^3\text{]}$$

$$V = \frac{F_{vz}}{\rho_k \cdot g} = \frac{0,6}{1000 \cdot 10} = 0,00006 \text{ m}^3 = 60 \text{ cm}^3$$

Objem ponořeného závaží je  $60 \text{ cm}^3$ .



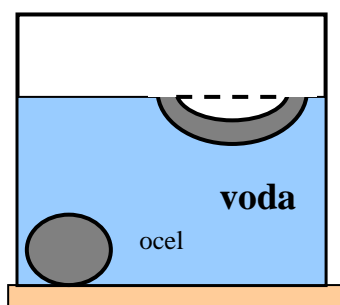
## 44\_Chování těles v kapalině



$F_g > F_{vz}$	$F_g = F_{vz}$	$F_g < F_{vz}$
výslednice ↓	výslednice <b>0 N</b>	výslednice ↑
<b>potápí se</b>	<b>vznáší se</b>	<b>stoupá (plove)</b>
$\rho_t > \rho_k$	$\rho_t = \rho_k$	$\rho_t < \rho_k$

- ☉ při vynořování tělesa z kapaliny se vztlaková síla zmenšuje
- ☉ těleso plove, jsou-li gravitační síla a vztlaková síla v rovnováze
- ☉ více se ponoří těleso v kapalině s menší hustotou

## 45\_Plování nestejnorodých těles

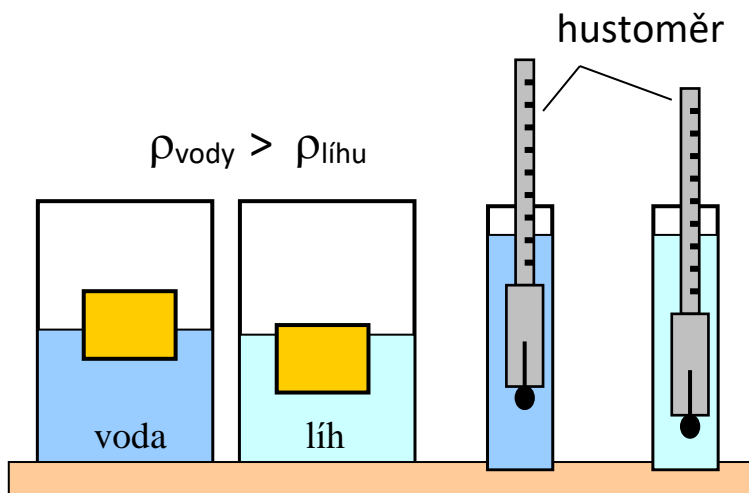


Nestejnorodé těleso je složeno z více látek.

Při vhodném tvaru mohou plovat i tělesa, která jsou z látky s větší hustotou než má kapalina, protože ponořenou část tělesa tvoří i vzduch s malou hustotou  $\Rightarrow$  **průměrná hustota ponořeného celku je menší než hustota kapaliny - lodě, ponorky, ...**

## hustoměr

- ⊗ měříme jím hustotu kapaliny
- ⊗ víc se ponoří v kapalině s menší hustotou

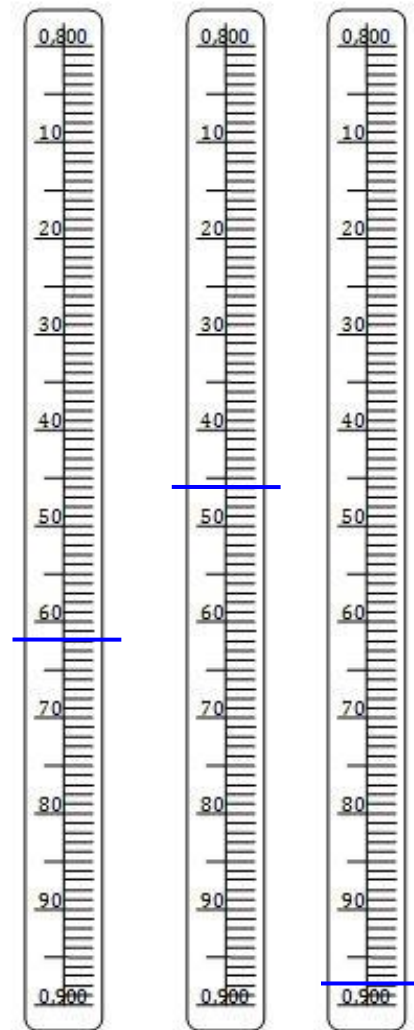


Stupnici hustoměru čteme shora

$$\rho_1 = 0,862 \text{ g/cm}^3$$

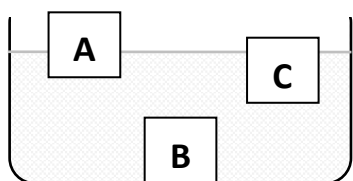
$$\rho_2 = 0,846 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_3 = 0,898 \text{ g/cm}^3$$



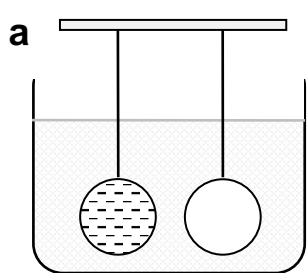
## 45\_PL: Vztlková síla - řešení

1. Všechna tělesa mají stejný objem. Na které působí největší vztlková síla? Vysvětli



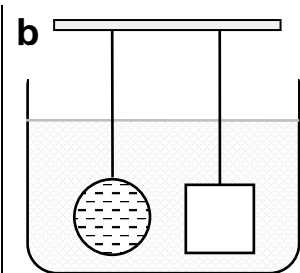
Největší vztlková síla působí **na těleso B**, protože je ponořeno celé.

2. Porovnej velikost vztlkové síly (doplň znaménko  $>$ ,  $=$ ,  $<$ ) a svůj závěr vysvětli. Všechna tělesa mají stejný objem.



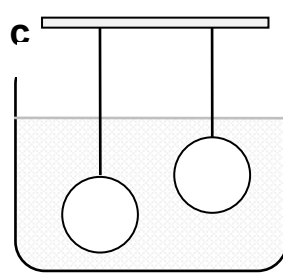
$$F_{vz} = F_{vz}$$

nezávisí na hustotě  
látky těles



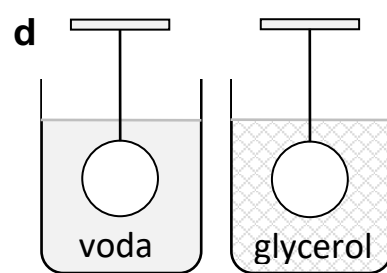
$$F_{vz} = F_{vz}$$

nezávisí na tvaru  
tělesa



$$F_{vz} = F_{vz}$$

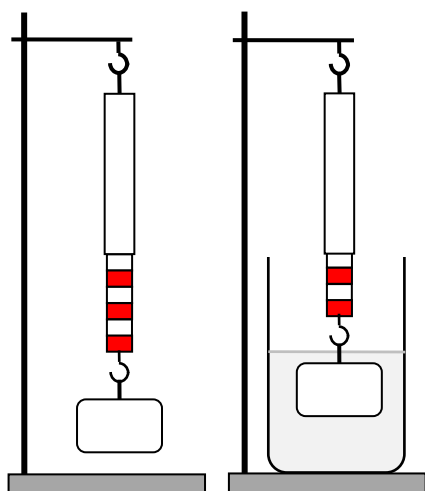
nezávisí na  
hloubce ponoření



$$F_{vz} < F_{vz}$$

na hustotě kapaliny závisí

3. Pružina siloměru je napínána silou 3 N. Při ponoření tělesa do vody ukazuje siloměr 2 N.



- a) Vypočti velikost vztlkové síly

$$F_g = 3 \text{ N}$$

$$F = 2 \text{ N}$$

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

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

$$2 = 3 - F_{vz}$$

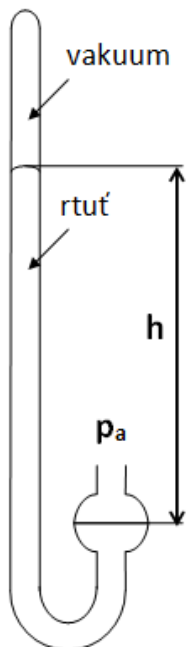
$$F_{vz} = 1 \text{ N}$$

4. V nádobě je kapalina, jejíž hustota je  $867 \text{ kg/m}^3$ . Z tabulky vlevo vyber tělesa, která se v kapalině: a) vznášejí b) plovou c) klesnou ke dnu

a	$945 \text{ kg/m}^3$	Hustota kapaliny = ..... $867 \text{ kg/m}^3$ .....
b	$867 \text{ kg/m}^3$	a) vznášejí $\rho_t = \rho_k$ těleso <b>b</b>
c	$1036 \text{ kg/m}^3$	b) plovou $\rho_t < \rho_k$ těleso <b>d</b>
d	$380 \text{ kg/m}^3$	c) klesnou ke dnu $\rho_t > \rho_k$ tělesa <b>a, c</b>

## 46\_Mechanické vlastnosti plynů

- ⊙ částice plynu se neustále neuspořádaně pohybují
- ⊙ plyny jsou stlačitelné, rozpínavé, tekuté
- ⊙ plyny nemají vlastní tvar ani objem



### Atmosféra Země

Atmosférický tlak vzduchu je způsoben působením horních vrstev atmosféry na spodní vrstvy.

značka:  $p_a$  jednotka: **Pa**

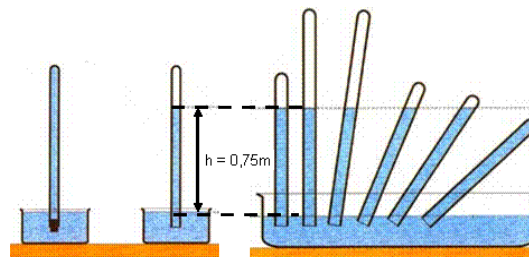
výpočet:  $p_a = h \cdot \rho_{rtuti} \cdot g$

hustota rtuti: **13 500 kg/m<sup>3</sup>**

měření: **rtuťový tlakoměr, aneroid, barograf**



tlak určíme



atmosférický  
pomocí

hydrostatického tlaku sloupce rtuti  
(**Torricelliho pokus**)

### Změny atmosférického tlaku:

- ⊙ největší je u hladiny moře (přibližně 1013 hPa) normální tlak: **101 325 Pa**
- ⊙ se stoupající výškou klesá
- ⊙ mění se s časem

## 47\_Atmosférický tlak - příklady

Př. 1: Rozdíl hladin rtuti v rtuťovém tlakoměru je 75 cm. Jakou hodnotu má atmosférický tlak vzduchu? Hustota rtuti je 13 500 kg/m<sup>3</sup>.

$$h = 75 \text{ cm} = 0,75 \text{ m}$$

$$\rho_{rtuti} = 13\,500 \text{ kg/m}^3$$

$$p_a = ? \text{ [ Pa ]}$$

$$p_a = p_h = h \cdot \rho \cdot g$$

$$p_a = 0,75 \cdot 13500 \cdot 10 = 101\,250 \text{ Pa} = \mathbf{101,25 \text{ kPa}}$$

Atmosférický tlak vzduchu je 101,25 kPa.

Př. 2: Určete, jak vysoký by musel být sloupec vody v trubici, aby jeho hydrostatický tlak u dna odpovídal tlaku atmosférickému (101 kPa).

$$p_a = p_h = 101 \text{ kPa} = 101\,000 \text{ Pa}$$

$$\rho_{\text{vody}} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

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

$$h = \frac{p_h}{\rho \cdot g} = \frac{101\,000}{1000 \cdot 10} = 10,1 \text{ m}$$

Sloupec vody v trubici by musel měřit 10,1 m.

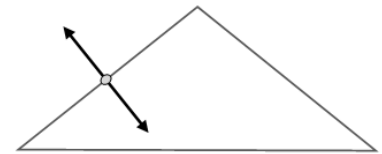
Př. 3: Jakou silou působí zemská atmosféra na střechu domu o rozměrech 10 m x 14 m, je-li hodnota atmosférického tlaku 100 kPa?

$$p_a = 100 \text{ kPa} = 100\,000 \text{ Pa}$$

$$a = 10 \text{ m}$$

$$b = 14 \text{ m}$$

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



$$F = p_a \cdot S = p_a \cdot a \cdot b$$

$$F = 100\,000 \cdot 10 \cdot 14 = 14\,000\,000 \text{ N} = 14 \text{ MN}$$

Vzduch působí na střechu silou 14 MN. Na střechu působí síla z obou stran, výslednice sil je nulová.

Př. 4 Rozdíl tlaků na úpatí a na vrcholu 660 Pa. Průměrná hustota vzduchu je 1,09 kg/m<sup>3</sup>.

$$\text{(rozdíl tlaků)} \quad \Delta p = 660 \text{ Pa}$$

$$\rho_{\text{vzduchu}} = 1,09 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{(rozdíl výšek)} \quad \Delta h = ? \text{ [ m ]}$$

$$\Delta h = \frac{\Delta p_h}{\rho \cdot g} = \frac{660}{1,09 \cdot 10} = 60,55 \text{ m}$$

Kopec je vysoký přibližně 60,55 m.



## 48\_Vztlaková síla působící na těleso v atmosféře Země

podle Archimédova zákona:

$$F_{vz} = V \cdot \rho_{vzduchu} \cdot g$$

V – objem tělesa

$\rho_v$  – hustota vzduchu = **1,3 kg/m<sup>3</sup>**

Př.1: V roce 1783 vypustili bratři Montgolfierové veřejně první balón plněný horkým vzduchem. Balón měl objem asi 1 440 m<sup>3</sup>. Jak velkou vztlakovou silou působil na balón atmosférický vzduch o hustotě 1,3 kg/m<sup>3</sup>?

$$V = 1440 \text{ m}^3$$

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

$$g = 10 \text{ N/kg}$$

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

$$F_{vz} = V \cdot \rho_{vzduchu} \cdot g$$

$$F_{vz} = 1440 \cdot 1,3 \cdot 10 = 18\,720 \text{ N}$$

Vzduch působí na balón vztlakovou silou 18 720 N.

Př.2: Héliem plněný balón má vynést sondu o hmotnosti 40 kg do výšky 27 km, kde je hustota vzduchu asi 0,035 kg/m<sup>3</sup>. Vlastní hmotnost balónu včetně náplně je 15 kg. Určete, jaký objem musí balón v této výšce mít.

$$m_{sondy} = 40 \text{ kg}$$

$$h = 27 \text{ km} = 27\,000 \text{ m}$$

$$\rho_{vzduchu} = 0,035 \text{ kg/m}^3$$

$$m_{balónu} = 15 \text{ kg}$$

$$V = ? \text{ [ m}^3 \text{ ]}$$

$$F_{vz} = F_g = m \cdot g = (m_s + m_b) \cdot g = (40 + 15) \cdot 10 = 550 \text{ N}$$

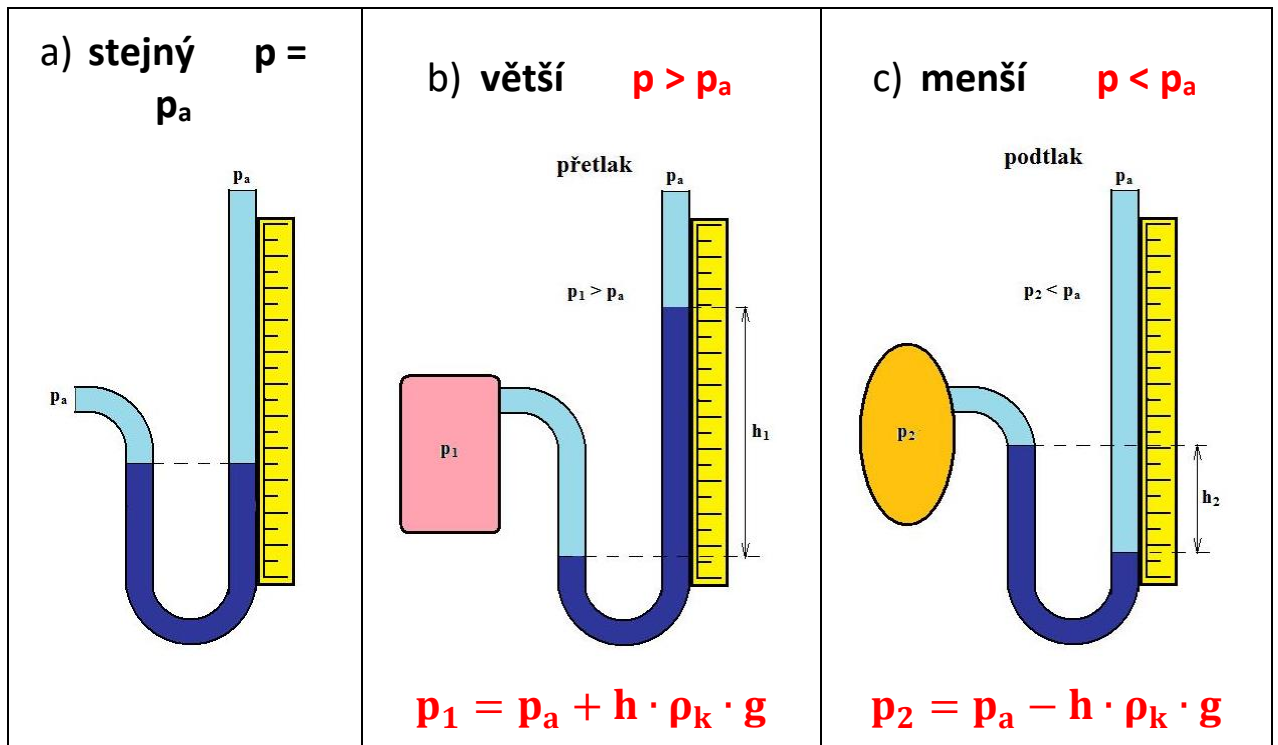
$$V = \frac{F_{vz}}{\rho_{vz} \cdot g} = \frac{550}{0,035 \cdot 10} = 1571 \text{ m}^3$$

V této výšce musí mít balón objem 1571 m<sup>3</sup>.

## 49\_Tlak plynu v uzavřené nádobě

měříme jej: - **otevřeným kapalinovým manometrem**  
 - **deformačním manometrem**

V uzavřené nádobě může být tlak plynu v porovnání s atmosférickým tlakem vzduchu



1. Jak velký je rozdíl tlaku plynu uvnitř a vně nádoby?  
 Rozdíl hladin rtuti je 20 cm?

$$\rho_{rtuti} = 13500 \text{ kg/m}^3$$

$$h = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$$

$$g = 10 \text{ N/kg}$$

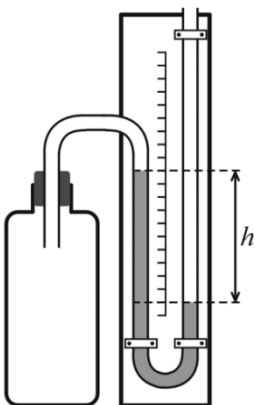
$$\Delta p = h \cdot \rho_k \cdot g = p_a - p \quad [\text{Pa}]$$

rozdíl tlaků = **podtlak** = hydrostatickému tlaku v hloubce h:

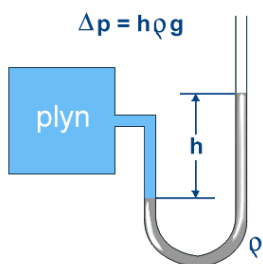
$$\Delta p = h \cdot \rho_{rtuti} \cdot g$$

$$\Delta p = 0,2 \cdot 13\,500 \cdot 10 = 27\,000 \text{ Pa} = 27 \text{ kPa}$$

V nádobě je tlak **o 27 kPa menší** než okolo nádoby.



2. Rozdíl hladin rtuti v otevřeném kapalinovém tlakoměru je 15 cm. Jak velký je tlak plynu v uzavřené nádobě, je-li atmosférický tlak 100 kPa.



$$\rho_{\text{rtuti}} = 13\,500 \text{ kg/m}^3$$

$$h = 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$$

$$g = 10 \text{ N/kg}$$

$$p_a = 100 \text{ kPa} = 100\,000 \text{ Pa}$$

$$p = ? \text{ [Pa]}$$

$$p = p_a + \Delta p = p_a + h \cdot \rho_{\text{rtuti}} \cdot g$$

$$p = 100\,000 + 0,15 \cdot 13\,500 \cdot 10 = 120\,250 \text{ Pa} = 120,25 \text{ kPa}$$

V uzavřené nádobě je tlak plynu 120,25 kPa.