

# Hydrostatická síla, hydrostatický tlak

Autor: Mgr. Jaromír JUŘEK

Kopírování a jakékoliv další využití výukového materiálu je povoleno pouze s uvedením odkazu na [www.jarjurek.cz](http://www.jarjurek.cz).

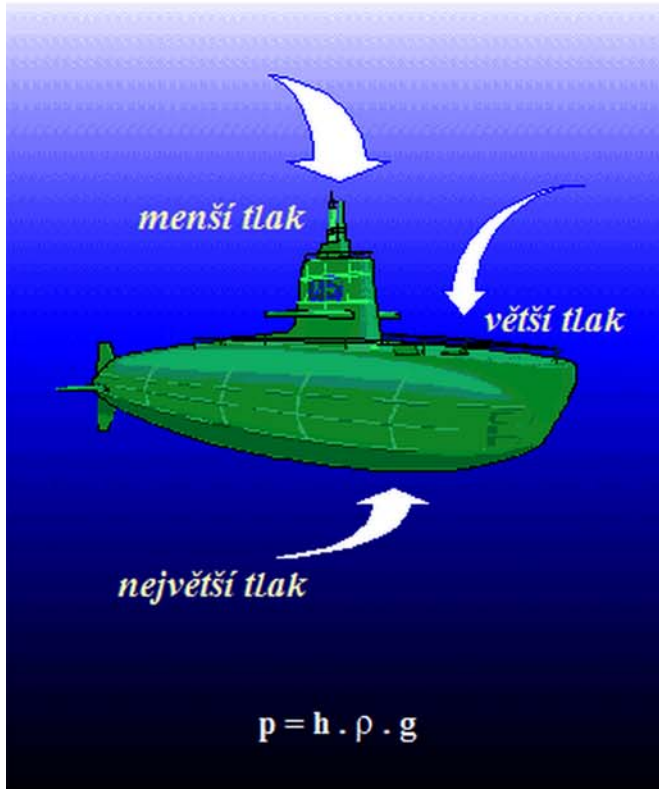
## 1. Hydrostatická síla, hydrostatický tlak

### Kapalina v tíhovém poli

Uvažujme kapalinu v klidu. Vlivem tíhového pole částičky kapaliny, která je tekutá, vyplní nádobu libovolného tvaru. Volný povrch kapaliny v klidu je kolmý ke směru tíhové síly.

**Kapalina vlastní tíhou vyvolává v kapalině tlak. Nazýváme ho hydrostatický.**

Hydrostatický tlak vypočteme:  $p = h \cdot \rho \cdot g$

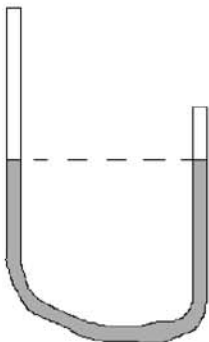


Tlak je příčinou toho, že kapalina působí tlakovou silou na libovolnou plochu, tedy i na dno a stěny nádoby. Tuto sílu nazýváme **hydrostatická**.

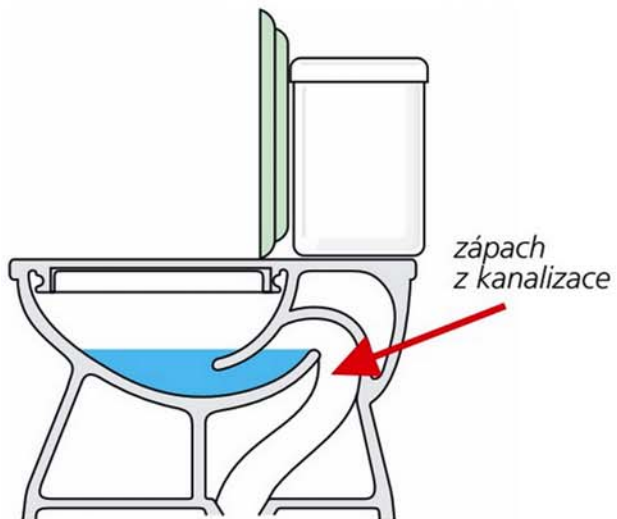
Hydrostatickou sílu vypočteme:  $F = S \cdot h \cdot \rho \cdot g$

Tlaková síla na dno závisí pouze na hloubce, plošném obsahu dna a hustotě kapaliny. Nezávisí na množství vody v nádobě. Tento poznatek se nazývá **hydrostatické paradoxon**.

Nádoby, které jsou u dna spojeny, že kapalina může volně protékat z jedné do druhé, se nazývají spojené nádoby. Ve spojených nádobách se volná hladina kapaliny ustálí ve všech ramenech v téže vodorovné rovině.



### Využití spojených nádob:



Sifon u WC



Zdymadlo pro lodě



Konvice na čaj



Nivelační váhy

**Ukázkové příklady:****Příklad 1:**

Těleso tvaru kvádrů o délce 4,5 cm, šířce 3,5 cm a výšce 12 cm je celé ponořeno do vody tak, že jeho podstavy jsou vodorovné a jeho horní podstava je v hloubce 6 cm pod hladinou kapaliny. Vypočítejte rozdíl tlakových sil vody působících na dolní a horní podstavu tělesa. Hustota vody je  $1000 \text{ kg/m}^3$  a hodnota tíhového zrychlení je  $10 \text{ m/s}^2$ .

**Řešení:**

$$a = 4,5 \text{ cm} = 0,045 \text{ m}$$

$$b = 3,5 \text{ cm} = 0,035 \text{ m}$$

$$c = 12 \text{ cm} = 0,12 \text{ m}$$

$$h = 6 \text{ cm} = 0,06 \text{ m}$$

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

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

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

-----

$$F_1 = S \cdot h \cdot \rho \cdot g = a \cdot b \cdot h \cdot \rho \cdot g$$

$$F_1 = 0,045 \cdot 0,035 \cdot 0,06 \cdot 1000 \cdot 10 = 0,945$$

$$F_2 = S \cdot (h + c) \cdot \rho \cdot g = a \cdot b \cdot (h + c) \cdot \rho \cdot g$$

$$F_2 = 0,045 \cdot 0,035 \cdot (0,06 + 0,12) \cdot 1000 \cdot 10 = 2,835$$

$$\Delta F = F_2 - F_1 = 2,835 - 0,945 = 1,89$$

$$\Delta F = 1,89 \text{ N}$$

Rozdíl tlakových sil je 1,89 N.

**Příklad 2:**

Vodorovné dno kotle ústředního topení má obsah  $0,25 \text{ m}^2$ . Hladina vody je ve výšce  $2,8 \text{ m}$  nade dnem. Jak velký je hydrostatický tlak u dna, je-li hustota vody  $1000 \text{ kg/m}^3$  a hodnota tíhového zrychlení  $9,81 \text{ m/s}^2$ ?

**Řešení:**

$$S = 0,25 \text{ m}^2$$

$$h = 2,8 \text{ m}$$

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

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

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

$$p = h \cdot \rho \cdot g$$

$$p = 2,8 \cdot 1000 \cdot 9,81$$

$$p = 27\,468 \text{ Pa} = 27 \text{ kPa} \text{ (po zaokrouhlení)}$$

U dna kotle je hydrostatický tlak asi  $27 \text{ kPa}$ .



## 2. Hydrostatická síla, hydrostatický tlak - procvičovací příklady

1. V praxi se velice často u každého kotle užívá kovový tlakoměr. Tímto tlakoměrem se zjišťuje hydrostatický tlak vody v ústředním topení. Podle změřeného tlaku už snadno poznáme, jak vysoko je hladina vody. Vypočtete, jak vysoko nad kotlem je hladina vody, když hydrostatický tlak u kotle je  $87 \text{ kPa}$ . Hustota vody je  $1000 \text{ kg/m}^3$ , hodnota tíhového zrychlení je  $9,81 \text{ m/s}^2$ .

OK 8,87 m

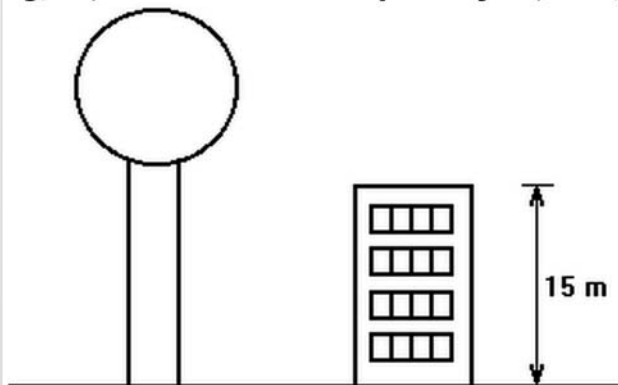
2. V jaké hloubce moře je tlaková síla  $600\,000 \text{ N}$  na  $1 \text{ dm}^2$ ? Hustota mořské vody je  $1025 \text{ kg/m}^3$  a hodnota tíhového zrychlení je  $9,81 \text{ m/s}^2$ .

OK 5 967 m

3. Jak velký hydrostatický tlak je u dolní části přehradní hráze, kde je hloubka vody  $45 \text{ metrů}$ ? Hustota vody je  $1025 \text{ kg/m}^3$  a hodnota tíhového zrychlení je  $9,81 \text{ m/s}^2$ .

OK 452,5 kPa

4. Vedle vodárenské nádrže vidíte největší dům ve městě (viz obrázek). Jak vysoko musí být hladina vody v nádrži, aby tlak vody v nejvyšším poschodí byl  $0,3 \text{ MPa}$ ? Hustota vody je  $1000 \text{ kg/m}^3$ , hodnota tíhového zrychlení je  $9,81 \text{ m/s}^2$ .




OK 45,6 m

5. Když se plavec nadechne a ponoří do hloubky asi 10 metrů, vzduch v jeho plicích zmenší svůj objem asi na polovinu. Hydrostatický tlak stlačuje jeho plíce naplněné vzduchem stejně, jako by stlačoval nafouknutý míč. Ve větších hloubkách je toto stlačení tak velké, že by mohlo ohrozit jeho život. Proto se trénovaný potápeč bez skafandru může ponořit do hloubky nejvýše asi 90 m. Vypočítejte hydrostatický tlak v této hloubce. Hustota vody je  $1000 \text{ kg/m}^3$  a hodnota tíhového zrychlení je  $9,81 \text{ m/s}^2$ .  
OK 883 kPa
6. V rodinném domku, který má vlastní vodárnu, jsou poschodí 3,5 m vysoká. Vodárna je umístěna ve sklepě. V nádrži je největší tlak 0,45 MPa a nejnižší 0,2 MPa. Vypočítejte, jaký je nejnižší tlak vody ve třetím poschodí. Hustota vody je  $1000 \text{ kg/m}^3$ , hodnota tíhového zrychlení je  $9,81 \text{ m/s}^2$ .  
OK 62,7 kPa
7. Nejhlubší místo oceánu na Zemi je 11034 m v Tichém oceánu. Jaký objem by v této hloubce zaujal 1 litr vody, když se voda stlačí tlakem 100 kPa o 50 miliontin svého objemu? Hustota mořské vody je  $1020 \text{ kg/m}^3$  a hodnota tíhového zrychlení je  $9,81 \text{ m/s}^2$ .  
OK 0,945 litru
8. Francouzský fyzik Pascal, po němž je pojmenována jednotka tlaku, jednou ukazoval, jak malým množstvím vody roztrhne sud naplněný vodou. Vzal si na to dlouhou trubku, která měla průřez asi  $0,5 \text{ cm}^2$  a byla dlouhá 9 m. Dolní konec upevnil do víka sudu a dobře utěsnil. Když do trubky nalil vodu, sud se opravdu roztrhl. Jak velká síla působila na dno sudu, které mělo průměr 80 cm, je-li výška sudu 1 metr? Hustota vody je  $1025 \text{ kg/m}^3$  a hodnota tíhového zrychlení je  $9,81 \text{ m/s}^2$ .  
OK 50,5 kN
9. Do akvária o délce dna 45 cm a šířce 25 cm je nalita voda do výšky 35 cm. Určete celkovou tlakovou sílu na dno nádoby. Hustota vody je  $1000 \text{ kg/m}^3$ , hodnota tíhového zrychlení je  $10 \text{ m/s}^2$ .  
OK 394 N
10. Krev má v lidském organismu kromě tlaku, který vzniká činností srdce, i tlak hydrostatický. Vypočítejte, jak velký je hydrostatický tlak krve v nohou stojícího člověka, který měří 187 cm. Předpokládejte při tom, že krev má přibližně stejnou hustotu jako voda, tedy  $1025 \text{ kg/m}^3$ . Hodnota tíhového zrychlení je  $9,81 \text{ m/s}^2$ .  
OK 18,8 kPa
11. Z jaké největší hloubky lze čerpat vodu, máme-li k dispozici jen dvojčinné čerpadlo?  
OK 10 m
12. Určete, v jaké hloubce působí voda stejným tlakem, jakým působí na kolejnici lokomotiva o hmotnosti 95 tun, když má 8 kol a každé se dotýká kolejnice plochou  $2 \text{ cm}^2$ . Hodnota tíhového zrychlení je  $9,81 \text{ m/s}^2$ , hustota vody je  $1025 \text{ kg/m}^3$ .  
OK 57,9 km
13. V jaké hloubce pod volnou hladinou rtuti je stejný hydrostatický tlak jako je hydrostatický tlak v hloubce 10 metrů pod volnou hladinou vody? Hustota vody je  $1025 \text{ kg/m}^3$ , hustota rtuti je  $13600 \text{ kg/m}^3$ , hodnota tíhového zrychlení je  $9,81 \text{ m/s}^2$ .  
OK 0,754 m
14. O jakou hodnotu vzroste ve vodě hydrostatický tlak na každé dva metry hloubky? Hustota vody je  $1000 \text{ kg/m}^3$  a hodnota tíhového zrychlení je  $9,81 \text{ m/s}^2$ .  
OK 19 620 Pa
15. Válcová nádrž má obsah dna  $255 \text{ m}^2$  a je naplněna naftou do výšky 7,5 m. Určete tlakovou sílu, kterou působí nafta na dno nádrže. Hustota nafty je  $800 \text{ kg/m}^3$  a hodnota tíhového zrychlení je  $9,81 \text{ m/s}^2$ .  
OK 15 MN

16. Na Měsíci je poměr mezi tíhou a hmotností tělesa  $g = 1,6 \text{ m/s}^2$ . Jakým hydrostatickým tlakem by tam působila voda (kdyby tam nějaká byla), v hloubce 90 m pod hladinou? Hustota vody je  $1025 \text{ kg/m}^3$ .<sup>691</sup>  
OK 147,6 kPa
17. Hydrostatický tlak u dna válcové nádoby s vodou je 6,15 kPa. Dno má obsah  $0,5 \text{ m}^2$ . Určete hmotnost vody v nádobě. Hodnota tíhového zrychlení je  $9,81 \text{ m/s}^2$ .<sup>679</sup>  
OK 313 kg
18. Hydrostatický tlak u dna řeky je 52 kPa. Jak hluboká je řeka v tomto místě? Hustota vody je  $1000 \text{ kg/m}^3$  a hodnota tíhového zrychlení je  $9,81 \text{ m/s}^2$ .<sup>677</sup>  
OK 5,3 m
19. Švýcarský fyzik Picard (čti pikár) sestrojil zvláštní ponorku, batyskaf, a v roce 1960 se s ní ponořil do nejhlubšího místa na světě. Toto místo je v Tichém oceánu u ostrova Guam. Jmenuje se Mariánský příkop a je 11034 m pod mořskou hladinou. Batyskaf se skládá z kabiny a z "balónu". Povrch kabiny je přibližně  $12 \text{ m}^2$ . Vypočítejte celkovou tlakovou sílu, která na její povrch v hloubce 11034 m působí. Hustota mořské vody je  $1025 \text{ kg/m}^3$ , hodnota tíhového zrychlení je  $9,81 \text{ m/s}^2$ .<sup>689</sup>  
OK 1,33 GN
20. Sloupec rtuti je vysoký 75 cm. Jak velký je jeho tlak u dna, je-li hustota rtuti  $13600 \text{ kg/m}^3$  a hodnota tíhového zrychlení  $9,81 \text{ m/s}^2$ ?<sup>678</sup>  
OK 100 062 Pa

 **Obsah**

- |   |   |
|---|---|
|  1. Hydrostatická síla, hydrostatický tlak                         | 2 |
|  2. Hydrostatická síla, hydrostatický tlak - procvičovací příklady | 5 |