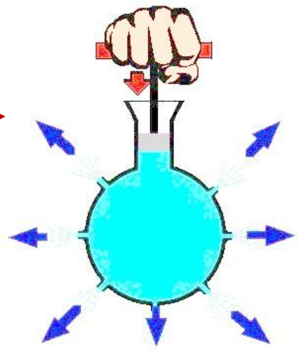
VIII. – MECHANICKÉ VLASTNOSTI KAPALIN

VLASTNOSTI KAPALIN - OPAKOVÁNÍ:

☺ Společnou vlastností kapalin je, že se jejich molekuly mohou se volně pohybovat v celém objemu → Kapaliny lze přelévat z nádoby do nádoby, přičemž vždy zaujmou tvar dané nádoby.

TEKUTOST	NESTLAČITELNOST
Snadná změna vzájemné polohy molekul kapaliny je i příčinou její tekutosti.	Způsobena odpudivými silami mezi molekulami kapaliny.

Vlivem tekutosti kapaliny se tlaková síla působící na kapalné těleso nepřenáší jen ve směru působení (jako u pevných látek), nýbrž se přenáší do všech směrů.



PASCALŮV ZÁKON:

PASCALŮV ZÁKON
Působí-li na kapalinu v uzavřené nádobě vnější tlaková síla, je tlak v kapalině ve všech směrech stejný.

PŘÍKLAD-1

Pístem tlačíme na vodu v baňce s otvory (viz obrázek) tlakovou silou **F = 12 N**. Jaký tlak vyvoláme ve vodě, má-li průřez pístu obsah **3 cm^2**?

$F = 12\ \mathrm{N}$
$S = 3\ \mathrm{cm}^2 = 0{,}000\,3\ \mathrm{m}^2$
$p = ?\ [\mathrm{Pa}]$

$$p = \frac{F}{S} = \frac{12}{0{,}000\,3} = 40\,000\ \mathrm{Pa} = \mathbf{40\ kPa}$$

Tlakovou silou 12 N jsme ve všech místech vody v baňce vyvolali tlak 40 kPa.

PŘÍKLAD-2

Kolmo na hladinu oleje v nádobě působí píst o průřezu **10 cm^2** tlakovou silou **9 N**. Jaký tlak vzniká v oleji v důsledku tohoto působení?

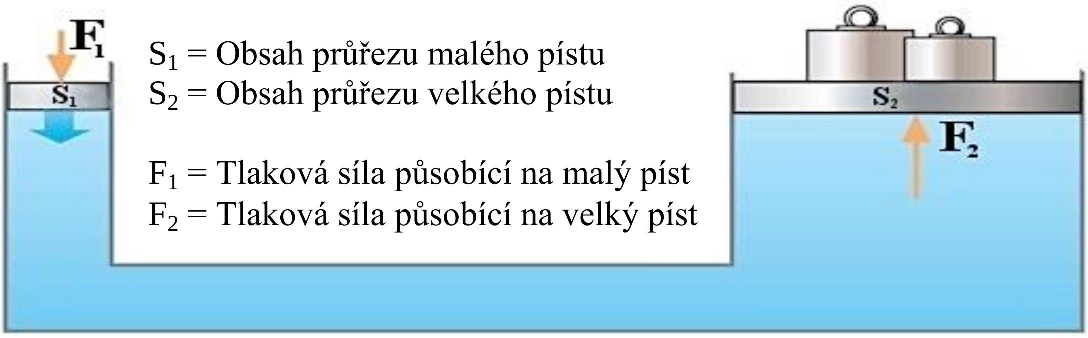
$F = 9\ \mathrm{N}$
$S = 10\ \mathrm{cm}^2 = 0{,}0010\ \mathrm{m}^2$
$p = ?\ [\mathrm{Pa}]$

$$p = \frac{F}{S} = \frac{9}{0{,}001} = 9\,000\ \mathrm{Pa} = \mathbf{9\ kPa}$$

V oleji vzniká tlak 9 kPa.

HYDRAULICKÝ LIS:

Na principu Pascalova zákona pracují HYDRAULICKÁ ZAŘÍZENÍ, která využívají nestlačitelnosti kapaliny → Vlastnost nutná pro přenos tlaků.



S_1 = Obsah průřezu malého pístu
S_2 = Obsah průřezu velkého pístu

F_1 = Tlaková síla působící na malý píst
F_2 = Tlaková síla působící na velký píst

- Základní částí hydraulického zařízení jsou dvě válcové nádoby nestejného průměru, spojené u dna trubicí.
- V nádobách je pod pohyblivými písty uzavřena kapalina.
- Působíme-li na menší píst o průřezu $\mathbf{S_1}$ tlakovou silou $\mathbf{F_1}$, přenáší se tato síla do kapaliny, v níž vyvolá tlak **p**, který je ve všech místech kapaliny v nádobě stejný ⇨

$$⇨ \; p = \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \quad \Rightarrow \quad \boxed{F_1 \cdot S_2 = F_2 \cdot S_1}$$

PŘÍKLAD-1

Učebnice F7 (Jáchim, Tesař) – 3. díl, str. 84, příklad

Obsah průřezu malého pístu je **1 cm²**, obsah průřezu velkého pístu jsou **2 cm²**.
Jak velkou tlakovou sílu přenese kapalina na větší píst, jestliže na malý píst působíme tlakovou silou **10 N**?

$S_1 = 1\ \text{cm}^2 = 0{,}000\ 1\ \text{m}^2$
$S_2 = 2\ \text{cm}^2 = 0{,}000\ 2\ \text{m}^2$
$F_1 = 10\ \text{N}$
$F_2 = ?$

$$F_1 \cdot S_2 = F_2 \cdot S_1$$
$$10 \cdot 0{,}0002 = F_2 \cdot 0{,}0001 \quad /:0{,}0001$$
$$F_2 = \mathbf{20\ N}$$

Na větší píst působí tlaková síla 20 N.

1 cm² → **2 cm²**　　**10 N** → **20 N**

ZÁVĚR:
Kolikrát má jeden z pístů větší průřez, tolikrát větší silou na něj kapalina působí.

PŘÍKLAD-2

Sbírka úloh, str. 86, cv. 456

Obsah malého pístu hydraulického lisu je **8 cm²**, obsah velkého pístu je **360 cm²**.
Na malý píst působí tlaková síla **600 N**. Jakou tlakovou silou je zvedán velký píst?

$S_1 = 8\ \text{cm}^2 = 0{,}000\ 8\ \text{m}^2$
$S_2 = 360\ \text{cm}^2 = 0{,}036\ \text{m}^2$
$F_1 = 600\ \text{N}$
$F_2 = ?$

$$F_1 \cdot S_2 = F_2 \cdot S_1$$
$$600 \cdot 0{,}036 = F_2 \cdot 0{,}0008$$
$$216\ 000 = 8 \cdot F_2 \quad /:0{,}0008$$
$$F_2 = 27\ 000\ \text{N} = \mathbf{27\ kN}$$

Velký píst je zvedán silou 27 kN.

PŘÍKLAD-3

Sbírka úloh 1, str. 87, cv. 457

Vodní lis má písty o průřezu **4 cm²** a **8 dm²**. Jak velkou tlakovou silou působí voda na velký píst, působí-li na malý píst tlaková síla **350 N**?

$S_1 = 4\ cm^2 = 0{,}000\ 4\ m^2$
$S_2 = 8\ dm^2 = 0{,}08\ m^2$
$F_1 = 350\ N$
$F_2 = ?$

Voda působí na velký píst silou 70 kN.

$$F_1 \cdot S_2 = F_2 \cdot S_1$$
$$350 \cdot 0{,}08 = F_2 \cdot 0{,}0004$$
$$28 = 0{,}0004 \cdot F_2 \quad /: 0{,}0004$$
$$F_2 = 70\ 000\ N = \mathbf{70\ kN}$$

PŘÍKLAD-4

Sbírka úloh 2, str. 58, cv. 5

Obsah malého pístu hydraulického lisu je **10 cm²** a působí na něj vnější tlaková síla **100 N**. Obsah velkého pístu je **300 cm²**. Urči tlakovou sílu, která zvedá velký píst.

$S_1 = 10\ cm^2 = 0{,}001\ m^2$
$S_2 = 300\ cm^2 = 0{,}03\ m^2$
$F_1 = 100\ N$
$F_2 = ?$

Velký píst je zvedán tlakovou silou 3 kN.

$$F_1 \cdot S_2 = F_2 \cdot S_1$$
$$100 \cdot 0{,}03 = F_2 \cdot 0{,}001$$
$$3 = 0{,}001 \cdot F_2 \quad /: 0{,}001$$
$$F_2 = 3\ 000\ N = \mathbf{3\ kN}$$

PŘÍKLAD-5

Sbírka úloh, str. 87, cv. 458

Tlak oleje v hydraulickém lisu je **20 MPa**. Obsah plochy většího pístu je **15 dm²**. Vypočítejte velikost síly zvedající píst.

$p = 20\ MPa = 20\ 000\ 000\ Pa$
$S = 15\ dm^2 = 0{,}15\ m^2$
$F = ?$

Píst je zvedán silou 3 MN.

$$p = \frac{F}{S} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{F = p \cdot S}$$
$$F = p \cdot S = 20\ 000\ 000 \cdot 0{,}15$$
$$F = 3\ 000\ 000\ N = \mathbf{3\ MN}$$

PŘÍKLAD-6

Sbírka úloh, str. 58, cv. 3

Velký píst hydraulického zařízení má obsah průřezu **0,25 m²**.
Jak velkou tlakovou silou působí kapalina na tento píst, je-li v kapalině tlak **12 kPa**?

$p = 12\ kPa = 12\ 000\ Pa$
$S = 0{,}25\ m^2$
$F = ?$

Kapalina působí na píst tlakovou silou 3 kN.

$$p = \frac{F}{S} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{F = p \cdot S}$$
$$F = p \cdot S = 12\ 000 \cdot 0{,}25$$
$$F = 3\ 000\ N = \mathbf{3\ kN}$$

HYDROSTATICKÝ TLAK:

HYDROSTATICKÝ TLAK (p_h) = Tlak v kapalině způsobený její vlastní tíhou.
Působí v kapalině ve všech směrech a jeho velikost v hloubce **h** se určí podle vztahu:

$$\boxed{p_h = h \cdot \rho_k \cdot g}$$

HYDROSTATICKÝ TLAK: p_h

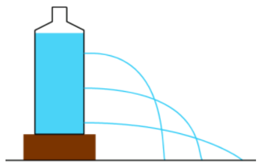
Hloubka: h

Hustota kapaliny: ρ_k

Tíhové zrychlení: g → $g = 10\,\dfrac{\mathbf{N}}{\mathbf{kg}}$

HYDROSTATICKÝ TLAK:

- Zvětšuje se s hloubkou kapaliny.
- Je přímo úměrný hustotě kapaliny → Ve stejné hloubce je větší hydrostatický tlak v kapalině s větší hustotou.
- Závisí na gravitačním poli, v němž se kapalina nachází.



HYDROSTATICKÝ TLAK - VÝPOČTY:

PŘÍKLAD-1

Učebnice F7 (Jáchim, Tesař) – 3. díl, str. 77 – 78, příklad

Akvárium tvaru kvádru má rozměry dna **60 cm** a **40 cm**. Voda v něm dosahuje do výše **35 cm**. Určete tlakovou sílu a tlak na dno akvária.

TLAKOVÁ SÍLA	HYDROSTATICKÝ TLAK
$V = 60 \cdot 40 \cdot 35 = 84\,000\ cm^3 = 0{,}084\ m^3$ $\rho = 1\,000\ kg/m^3$ $m = \rho \cdot V = 1\,000 \cdot 0{,}084 = 84\ kg$ $g = 10\ N/kg$ $G = m \cdot g = 84 \cdot 10 = \mathbf{840\ N}$	$G = 840\ N$ $S = 60 \cdot 40 = 2\,400\ cm^2 = 0{,}24\ m^2$ $p = \frac{G}{S} = \frac{840}{0{,}24} = 3\,500\ Pa = \mathbf{3{,}5\ kPa}$
Voda působí na dno tlakovou silou 840 N.	Tlak na dně akvária je 3,5 kPa.

POZNÁMKA:

Hydrostatický tlak na dně akvária lze samozřejmě vypočítat jednodušeji podle výše uvedeného vzorce:

$$p_h = h \cdot \rho_k \cdot g = 0{,}35 \cdot 1\,000 \cdot 10 = 3\,500\ Pa = \mathbf{3{,}5\ kPa}$$

PŘÍKLAD-2

Učebnice F7 (Kolářová, Bohuněk), str. 111, příklad

Hloubka nádrže Slapské přehrady u hráze dosahuje **58 m.**
Porovnejte hydrostatický tlak v hloubce **1 m** pod hladinou vody s tlakem u dna.

$\rho = 1000\ kg/m^3$ $g = 10\ N/kg$ $\boxed{\mathbf{h = 1\ m}}$ $p_h = h \cdot \rho_k \cdot g = 1 \cdot 1000 \cdot 10 = \mathbf{10\ kPa}$	$\rho = 1\,000\ kg/m^3$ $g = 10\ N/kg$ $\boxed{\mathbf{h = 58\ m}}$ $p_h = h \cdot \rho_k \cdot g = 58 \cdot 1000 \cdot 10 = \mathbf{580\ kPa}$

Hydrostatický tlak u dna přehrady je 58krát větší než v hloubce 1 m pod hladinou.

PŘÍKLAD-3

Učebnice F7 (Jáchim, Tesař), str. 79 – 80, příklad

V silnostěnné skleněné nádobě je rtuť s hladinou ve výši **15 cm**.

Určete velikost hydrostatického tlaku u dna nádoby.	Kolikrát je tento hydrostatický tlak větší, než kdyby v nádobě byla voda?
h = 15 cm = 0,15 m ρ = 13 500 kg/m^3 g = 10 N/kg $\boxed{p_h = h \cdot \rho_k \cdot g}$ $p_h = 0{,}15 \cdot 13\,500 \cdot 10 = \mathbf{20\,250\ Pa}$	h = 15 cm = 0,15 m ρ = 1 000 kg/m^3 g = 10 N/kg $\boxed{p_h = h \cdot \rho_k \cdot g}$ $p_h = 0{,}15 \cdot 1\,000 \cdot 10 = \mathbf{1\,500\ Pa}$
$20\,250 : 1\,500 = \mathbf{13{,}5}$ Hydrostatický tlak způsobený tíhou rtuti je 13,5krát větší, než kdyby v nádobě byla voda.	

POZNÁMKA:

Protože hustota vody je 13,5krát menší než hustota rtuti, bude stejného hydrostatického tlaku u dna nádoby dosaženo při 13,5krát větší výšce → h = 13,5 · 0,15 = **2,025 m**.

PŘÍKLAD-4

Sbírka úloh, str. 87, cv. 466

Sloupec rtuti je vysoký **76 cm**. Jak velký je jeho tlak na dno nádoby?

h = 76 cm = 0,76 m
ρ = 13 500 kg/m^3
g = 10 N/kg
p_h = ?

$$\boxed{\begin{gathered} p_h = h \cdot \rho_k \cdot g = 0{,}76 \cdot 13\,500 \cdot 10 = 102\,600\ \text{Pa} \\ p_h = \mathbf{102{,}6\ kPa} \end{gathered}}$$

Tlak rtuťového sloupce na dno nádoby je 102,6 kPa.

PŘÍKLAD-5

Sbírka úloh, str. 87, cv. 468

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

p_h = 42 kPa = 42 000 Pa
ρ = 1 000 kg/m^3
g = 10 N/kg
h = ?

$$\boxed{\begin{gathered} p_h = h \cdot \rho_k \cdot g \\ 42\,000 = h \cdot 1\,000 \cdot 10 \\ h = 42\,000 : 10\,000 \\ h = \mathbf{4{,}2\ m} \end{gathered}}$$

V daném místě je řeka hluboká 4,2 metru.

PŘÍKLAD-6

Sbírka úloh, str. 87, cv. 469

Do jaké výše musí být svislá roura naplněna vodou, aby byl tlak u jejího dolního konce 500 kPa?

p_h = 500 kPa = 500 000 Pa
ρ = 1 000 kg/m^3
g = 10 N/kg
h = ?

$$\boxed{\begin{gathered} p_h = h \cdot \rho_k \cdot g \\ 500\,000 = h \cdot 1\,000 \cdot 10 \\ h = 500\,000 : 10\,000 \\ h = \mathbf{50\ m} \end{gathered}}$$

Roura musí být naplněná vodou do výše 50 metrů.

PŘÍKLAD-7

Sbírka úloh, str. 88, cv. 471

Jak velký tlak je v hloubce **11 034 m** (Mariánský příkop - dosud největší známá hloubka Tichého oceánu)?

h = 11 034 m
ρ = 1 000 kg/m^3
g = 10 N/kg
p_h = ?

$$p_h = h \cdot \rho_k \cdot g = 11\,034 \cdot 1\,000 \cdot 10$$
$$p_h = 110\,340\,000 \text{ Pa} = \mathbf{110{,}34\ MPa}$$

Tlak na dně Mariánského příkopu je **110,34 MPa**.

PŘÍKLAD-8

Vypočítej hydrostatický tlak v hloubce **5 m** pod hladinou vodní nádrže.

h = 5 m
ρ = 1 000 kg/m^3
g = 0 N/kg
p_h = ?

$$p_h = h \cdot \rho_k \cdot g = 5 \cdot 1\,000 \cdot 10$$
$$p_h = 50\,000 \text{ Pa} = \mathbf{50\ kPa}$$

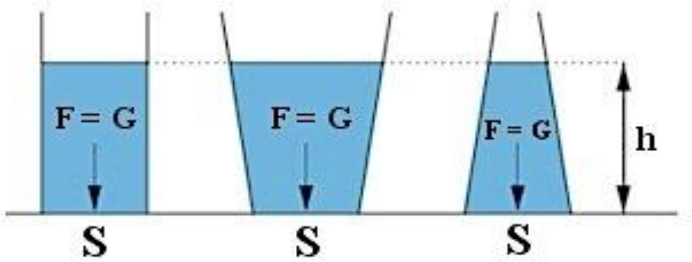
Hydrostatický tlak v hloubce 5 metrů je 50 kPa.

TLAK KAPALINY NA DNO NÁDOBY:

Má-li nádoba vodorovné dno, pak kapalina v klidu působí kolmo na dno tlakovou silou:

$$\boxed{F = p_h \cdot S = h \cdot \rho_k \cdot g \cdot S}$$

- g → Tíhové zrychlení → $g = 10\,\frac{N}{kg}$
- ρ_k → Hustota kapaliny
- h → Hloubka
- S → Plošný obsah dna

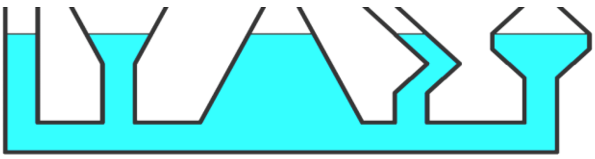


Tlaková síla na dno nádoby závisí na hloubce, nikoliv na množství kapaliny v nádobě.

- Nádoby na obrázku mají stejné kruhové dno o stejném obsahu a všechny jsou naplněny touž kapalinou do stejné výšky.
- Protože nádoby mají různý tvar a objem, je v každé z nich různý objem kapaliny.
- I když je množství kapaliny v nádobách různé, je tlaková síla kapaliny na dno nádoby ve všech případech stejná.

Zdánlivě protismyslný poznatek, že větší množství kapaliny nevyvolá větší tlakovou sílu, se nazývá **HYDROSTATICKÝ PARADOX**.

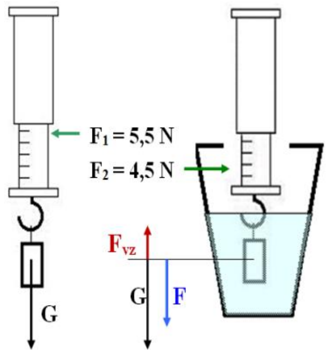
SPOJENÉ NÁDOBY:



SPOJENÉ NÁDOBY = Nádoby propojené u dna tak, že kapalina může volně protékat z jedné do druhé.

- Ve spojených nádobách se volná hladina kapaliny ustálí ve všech ramenech vždy ve stejné výši.
- Na principu spojených nádob jsou například založeny hadicové vodováhy (libely), vodoznaky varných konvic, vodovodní soustava apod.

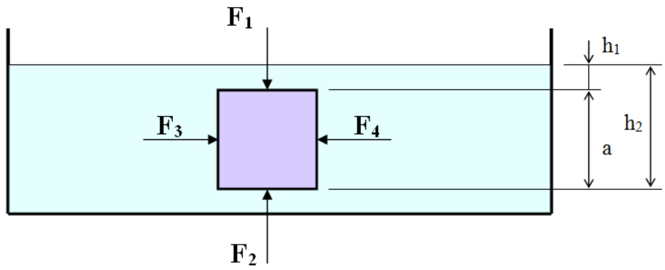
VZTLAKOVÁ SÍLA:



- Na těleso zavěšené na pružině siloměru působí tíhová síla **G**.
- Ponoříme-li těleso do kapaliny, je pružina siloměru napínána menší silou **F**.
- Kapalina nadlehčuje ponořené těleso silou $\mathbf{F_{vz} = G - F}$ kterou nazýváme **VZTLAKOVÁ SÍLA**.

VYSVĚTLENÍ:

Uvažujme kovovou krychli ponořenou do kapaliny o hustotě $\boldsymbol{\rho_k}$.



$$\boxed{F_{vz} = V_t \cdot \rho_k \cdot g} \qquad g = 10\,\frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

V_t – Objem ponořené části tělesa

ρ_k – Hustota kapaliny

- Na protilehlé boční stěny krychle působí stejně velké tlakové síly opačného směru (např. $\mathbf{F_3}$ a $\mathbf{F_4}$) → Jejich účinky na krychli se ruší.
- Na horní stěnu krychle působí svisle dolů tlaková síla $\mathbf{F_1 = h_1 \cdot \rho_k \cdot g \cdot S}$, způsobená tlakem kapaliny o hloubce $\mathbf{h_1}$.
- Na spodní stěnu krychle působí svisle nahoru tlaková síla $\mathbf{F_2 = h_2 \cdot \rho_k \cdot g \cdot S}$, způsobená tlakem kapaliny o hloubce $\mathbf{h_2}$ … ($h_2 > h_1$).
- Složením sil $\mathbf{F_1}$ a $\mathbf{F_2}$ dostáváme výslednici $\mathbf{F_{vz} = F_2 - F_1}$, která působí svisle vzhůru a těleso ponořené do kapaliny nadlehčuje.

$$F_{vz} = F_2 - F_1 = h_2 \cdot \rho_k \cdot g \cdot S - h_1 \cdot \rho_k \cdot g \cdot S = (h_2 - h_1) \cdot \rho_k \cdot g \cdot S$$

$$F_{vz} = \underline{a} \cdot \rho_k \cdot g \cdot \underline{S} \;\rightarrow\; \mathbf{F_{vz} = V_t \cdot \rho_k \cdot g}$$

$$\boxed{V_t = a \,.\, S} = a \,.\, a \,.\, a \;=\; \text{Objem krychle (tělesa)}$$

Z uvedeného vzorce vyplývá, že velikost vztlakové síly $\mathbf{F_{vz}}$ vůbec nezávisí:

- na látce, z níž je těleso vyrobeno
- na tvaru tělesa
- na hloubce, do níž je těleso zcela ponořeno

ARCHIMÉDŮV ZÁKON:

Silové působení kapaliny na těleso, které je do ní úplně nebo zčásti ponořeno, popisuje **ARCHIMÉDŮV ZÁKON:**

Těleso ponořené do kapaliny je nadlehčováno vztlakovou silou, která se rovná tíze kapaliny tělesem vytlačené.

Díky platnosti Archimédova zákona mohou různá tělesa plavat.

Hmotnost vytlačené kapaliny

Tíha vytlačené kapaliny

$$\mathbf{F_{vz} = V_t \cdot \rho_k \cdot g = m_k \cdot g = G_k}$$

$$\mathbf{g} = 10\,\frac{\mathbf{N}}{\mathbf{kg}}$$

Hustota kapaliny

Objem ponořené části tělesa = objem vytlačené kapaliny

HISTORICKÁ POZNÁMKA:

Syrakuský panovník Hieron II. (kraloval v letech 270 – 215 př. n. l.) si objednal u zlatníka královskou korunu, která měla být vyrobena z ryzího zlata. Když byla koruna hotová, pojal panovník podezření, že do zlata bylo přimícháno méně hodnotné stříbro. Jak to však zjistit? Vážením těžko, protože hmotnost koruny odpovídala hmotnosti dodaného zlata. Hieron II. tedy požádal moudrého Archiméda, aby složení koruny prověřil.

Archimédes nechtěl klenot porušit a dlouho marně hledal způsob, jak to udělat. Až jednoho dne, když se právě koupal ve veřejných lázních, si uvědomil, že těleso zcela ponořené do vody jí vytlačí právě tolik, jaký je jeho objem. A v té chvíli ho řešení konečně napadlo! Stříbro je nejen lacinější než zlato, ale má i menší hustotu. Jestliže zlatník nahradil část zlata stříbrem o stejné hmotnosti, musí mít koruna větší objem, než kdyby byla vyrobena z ryzího zlata. Pak ovšem při ponoření do vody vytlačí větší objem vody. Geniální nápad ho prý natolik rozrušil, že vyběhl na ulici nahý, a nevšímaje si užaslých spoluobčanů, jen křičel: „Heuréka!“ (Objevil jsem!).

VZTLAKOVÁ SÍLA - VÝPOČTY:

PŘÍKLAD-1

Učebnice F7 (Jáchim, Tesař) – 3. díl, str. 89, příklad 1

Jak velká vztlaková síla vody působí na zcela ponořené těleso o objemu **100 cm³**?

$V_t = 100\ cm^3 = 0{,}0001\ m^3$
$\rho_k = 1\ 000\ kg/m^3$
$g = 10\ N/kg$
$F_{vz} = ?$

$$F_{vz} = V_t \cdot \rho_k \cdot g = 0{,}0001 \cdot 1\ 000 \cdot 10$$
$$F_{vz} = \mathbf{1\ N}$$

Na těleso působí vztlaková síla o velikosti 1 N.

PŘÍKLAD-2

Učebnice F7 (Jáchim, Tesař) – 3. díl, str. 90, příklad 2

Vypočítejte, jak velkou vztlakovou silou je nadlehčován člověk, jestliže je po krk ponořen ve vodě. Uvažujme objem ponořené části lidského těla **0,08 m³**.

$V_t = 0{,}08\ m^3$
$\rho_k = 1\,000\ kg/m^3$
$g = 10\ N/kg$
$F_{vz} = ?$

$$F_{vz} = V_t \cdot \rho_k \cdot g = 0{,}08 \cdot 1\,000 \cdot 10$$
$$F_{vz} = \mathbf{800\ N}$$

Člověk je nadlehčován vztlakovou silou o velikosti 800 N.

PŘÍKLAD-3

Učebnice F7 (Jáchim, Tesař) – 3. díl, str. 90, příklad 3

Zavěšením na siloměr a po úplném ponoření do vody bylo zjištěno, že malá keramická soška je nadlehčována silou **8 N**.
Jaký je objem sošky?

$\rho_k = 1\,000\ kg/m^3$
$g = 10\ N/kg$
$F_{vz} = 8\ N$
$V_t = ?$

$$F_{vz} = V_t \cdot \rho_k \cdot g$$
$$8 = V_t \cdot 1\,000 \cdot 10$$
$$V_t = 8 : 10\,000 = 0{,}000\,8\ m^3$$
$$V_t = \mathbf{0{,}8\ dm^3}$$

Objem sošky je 0,8 dm³.

PŘÍKLAD-4

Učebnice F7 (Jáchim, Tesař), str. 91, cv. 1

Jak velký objem má ponořená část tělesa, které je ponořeno do vody a působí na něj vztlaková síla …

… 1 N	… 5 N	… 10 N	… 250 N
$\mathbf{F_{vz} = V_t \cdot \rho_k \cdot g}$ $1 = V_t \cdot 1000 \cdot 10$ $V_t = 1 : 10\,000$ $V_t = 0{,}0001\ m^3$ $V_t = \mathbf{0{,}1\ dm^3}$	$\mathbf{F_{vz} = V_t \cdot \rho_k \cdot g}$ $5 = V_t \cdot 1000 \cdot 10$ $V_t = 5 : 10\,000$ $V_t = 0{,}0005\ m^3$ $V_t = \mathbf{0{,}5\ dm^3}$	$\mathbf{F_{vz} = V_t \cdot \rho_k \cdot g}$ $10 = V_t \cdot 1000 \cdot 10$ $V_t = 10 : 10\,000$ $V_t = 0{,}001\ m^3$ $V_t = \mathbf{1\ dm^3}$	$\mathbf{F_{vz} = V_t \cdot \rho_k \cdot g}$ $250 = V_t \cdot 1000 \cdot 10$ $V_t = 250 : 10\,000$ $V_t = 0{,}025\ m^3$ $V_t = \mathbf{25\ dm^3}$

PŘÍKLAD-5

Učebnice F7 (Jáchim, Tesař), str. 91, cv. 2

Dlažební kostka o objemu **1 dm³** je zcela ponořená do vody. Jak velkou vztlakovou silou je nadlehčována?

$V_t = 1\ dm^3 = 0{,}001\ m^3$
$\rho_k = 1\,000\ kg/m^3$
$g = 10\ N/kg$
$F_{vz} = ?$

$$F_{vz} = V_t \cdot \rho_k \cdot g = 0{,}001 \cdot 1\,000 \cdot 10$$
$$F_{vz} = \mathbf{10\ N}$$

Dlažební kostka je nadlehčována vztlakovou silou o velikosti 10 N.

PŘÍKLAD-6

Učebnice F7 (Jáchim, Tesař), str. 91, cv. 3

Určete objem svazku klíčů, jestliže po jejich úplném ponoření do vody byla zjištěna vztlaková síla **0,15 N**.

$\rho_k = 1\,000\ kg/m^3$
$g = 10\ N/kg$
$F_{vz} = 0{,}15\ N$
$V_t = ?$

$$F_{vz} = V_t \cdot \rho_k \cdot g$$
$$0{,}15 = V_t \cdot 1\,000 \cdot 10$$
$$V_t = 0{,}15 : 10\,000 = 0{,}000\,015\ m^3$$
$$V_t = \mathbf{15\ cm^3}$$

Svazek klíčů má objem 15 cm^3.

PŘÍKLAD-7

Sbírka úloh, str. 93, cv. 512

Jak velkou silou je ve vodě nadlehčován kus mramoru, který má objem **20 dm^3**?

$V_t = 20\ dm^3 = 0{,}02\ m^3$
$\rho_k = 1\,000\ kg/m^3$
$g = 10\ N/kg$
$F_{vz} = ?$

$$F_{vz} = V_t \cdot \rho_k \cdot g = 0{,}02 \cdot 1\,000 \cdot 10$$
$$F_{vz} = \mathbf{200\ N}$$

Kus mramoru je nadlehčován vztlakovou silou o velikosti 200 N.

PŘÍKLAD-8

Sbírka úloh, str. 93, cv. 513

Skleněná zátka o objemu **10 cm^3** je celá ponořená do petroleje. Jak velkou vztlakovou silou je nadlehčována?

$V_t = 10\ cm^3 = 0{,}000\,01\ m^3$
$\rho_k = 830\ kg/m^3 \rightarrow$ Tabulky str. 92
$g = 10\ N/kg$
$F_{vz} = ?$

$$F_{vz} = V_t \cdot \rho_k \cdot g = 0{,}000\,01 \cdot 830 \cdot 10$$
$$F_{vz} = \mathbf{0{,}083\ N}$$

Skleněná zátka je nadlehčována vztlakovou silou o velikosti 0,083 N.

PŘÍKLAD-9

Sbírka úloh, str. 94, cv. 514

Předmět je ve vodě nadlehčován vztlakovou silou **150 N**. Jak velký je jeho objem?

$\rho_k = 1\,000\ kg/m^3$
$g = 10\ N/kg$
$F_{vz} = 150\ N$
$V_t = ?$

$$F_{vz} = V_t \cdot \rho_k \cdot g$$
$$150 = V_t \cdot 1\,000 \cdot 10$$
$$V_t = 150 : 10\,000 = 0{,}015\ m^3$$
$$V_t = \mathbf{15\ dm^3}$$

Předmět má objem 15 dm^3.

PŘÍKLAD-10

Sbírka úloh, str. 94, cv. 516

Jak velkou silou zdviháte kámen celý ponořený ve vodě, je-li jeho tíha na vzduchu **145 N** a objem **5,5 dm^3**?

$V_t = 5{,}5\ dm^3 = 0{,}0055\ m^3$
$\rho_k = 1000\ kg/m^3$
$g = 10\ N/kg$
$F = ?$

$$\boxed{\begin{gathered} F_{vz} = V_t \cdot \rho_k \cdot g = 0{,}0055 \cdot 1\,000 \cdot 10 \\ F_{vz} = 55\ N \\ F = G - F_{vz} = 145 - 55 = \mathbf{90\ N} \end{gathered}}$$

Kámen zvedáme silou 90 N.

PŘÍKLAD-11

Sbírka úloh, str. 95, cv. 517

Jak velkou silou je ve vodě nadlehčován kámen tíhy **30 N**, je-li jeho hustota **2 500 kg/m^3**?

$G = 30\ N \rightarrow m = 3\ kg$
$\rho = 2\,500\ kg/m^3$
$V_t = ?$
$F_{vz} = ?$

$$\boxed{\begin{gathered} V_t = \frac{m}{\rho} = \frac{3}{2\,500} = 0{,}0012\ m^3 \\ F_{vz} = V_t \cdot \rho_k \cdot g = 0{,}0012 \cdot 1\,000 \cdot 10 \\ F_{vz} = \mathbf{12\ N} \end{gathered}}$$

Kámen je ve vodě nadlehčován vztlakovou silou 12 N.

PŘÍKLAD-12

Sbírka úloh, str. 95, cv. 518

Chlapec zvedl ve vodě kámen o hmotnosti **75 kg** a hustotě **2 500 kg/m^3**.
Kolik kilogramů zvedne na vzduchu, působí-li stejnou silou?

$m = 75\ kg \rightarrow G = 750\ N$
$\rho = 2\,500\ kg/m^3$
$V_t = ?$
$F = ?$

$$\boxed{\begin{gathered} V_t = \frac{m}{\rho} = \frac{75}{2\,500} = 0{,}03\ m^3 \\ F_{vz} = V_t \cdot \rho_k \cdot g = 0{,}03 \cdot 1\,000 \cdot 10 \\ F_{vz} = 300\ N \\ F = G - F_{vz} = 750 - 300 = \mathbf{450\ N} \end{gathered}}$$

Chlapec by silou 450 N unesl na vzduchu kámen o hmotnosti 45 kg.

PŘÍKLAD-13

Jak velká vztlaková síla působí na těleso o objemu **4 m^3** zcela ponořené ve vodě?

$V_t = 4\ m^3$
$\rho_k = 1000\ kg/m^3$
$g = 10\ N/kg$
$F_{vz} = ?$

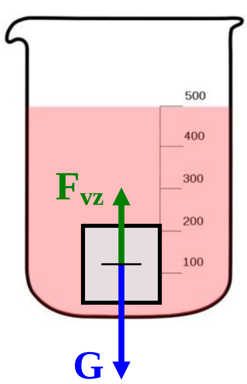
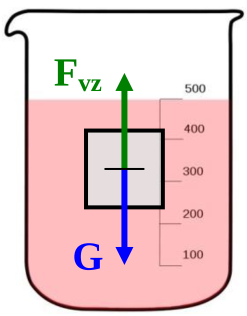
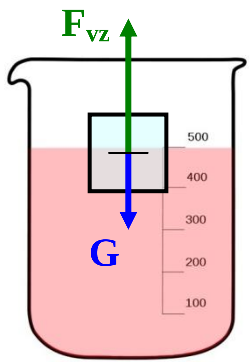
$$\boxed{\begin{gathered} F_{vz} = V_t \cdot \rho_k \cdot g = 4 \cdot 1\,000 \cdot 10 \\ F_{vz} = 40\,000\ N = \mathbf{40\ kN} \end{gathered}}$$

Na těleso působí vztlaková síla o velikosti 40 kN.

PLAVÁNÍ TĚLES:

O tom, zda stejnorodé těleso v kapalině plave, nebo se potápí, rozhodují …

… hustota tělesa a hustota kapaliny, ve které se těleso nachází.	… tíha tělesa **G** a opačně orientovaná vztlaková síla $\mathbf{F_{vz}}$.

TĚLESO KLESÁ KE DNU	**TĚLESO SE V KAPALINĚ VZNÁŠÍ**	**TĚLESO STOUPÁ K HLADINĚ → PLAVE**
		
$\mathbf{F_{vz} < G}$	$\mathbf{F_{vz} = G}$	$\mathbf{F_{vz} > G}$
Výslednice sil směřuje svisle dolů	Výslednice sil je nulová	Výslednice sil směřuje svisle vzhůru
$\rho_k < \rho_t$	$\rho_k = \rho_t$	$\rho_k > \rho_t$

POZNÁMKA:

☞ V kapalině plavou také tělesa zhotovená z materiálu o hustotě větší, než je hustota kapaliny. Na tomto poznatku je založena stavba lodí, které obsahují dutiny vyplněné vzduchem → Jeho hustota je velmi malá, takže průměrná hustota lodi je pak menší než hustota vody.

ÚLOHA K ZAMYŠLENÍ:

☞ Z loďky plovoucí v bazénu házíme do vody cihly. Co se stane s vodní hladinou?
a) Stoupne.
b) Zůstane na stejné úrovni.
c) Klesne.

ODPOVĚĎ:

☞ Hladina klesne. Cihly v loďce vytlačují takové množství vody, které odpovídá jejich hmotnosti. Toto množství vody má samozřejmě větší objem, než je objem cihel, neboť hustota cihel je větší než hustota vody. Protože cihly na dně bazénu vytlačily méně vody, než když byly v loďce, musela hladina vody v bazénu klesnout.