



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

<i>Předmět:</i>	<i>Ročník:</i>	<i>Vytvořil:</i>	<i>Datum:</i>
FYZIKA	PRVNÍ	MGR. JÜTTNEROVÁ	28. 3. 2013
<i>Název zpracovaného celku:</i>			
MECHANIKA TEKUTIN			

TEKUTINY

- Tekutiny jsou společný název pro kapaliny a plyny.
- Společná vlastnost tekutin je **tekutost** $\Rightarrow$ tekutina snadno mění svůj tvar a přizpůsobuje ho tvaru nádoby, v níž se nachází.
- Tekutost není u všech tekutin stejná (olej je méně tekutý než voda). Příčinou různé tekutosti je **vnitřní tření** (viskozita) tekutin. Kdyby nebylo vnitřní tření, nemohli bychom plavat ve vodě, veslovat.
- **Vlastnosti kapalin:**
 - 1) účinkem vnějších sil mění svůj objem jen velmi nepatrně, jsou velmi málo stlačitelné
 - 2) tvar přizpůsobují tvaru nádoby
 - 3) tekutost
- **Vlastnosti plynů:**
 - 1) nemají stálý tvar ani objem
 - 2) jsou velmi snadno stlačitelné
 - 3) tekutost
- Pro zjednodušení zavádíme pojmy ideální kapalina a ideální plyn.
 - Ideální kapalina:**
 - je bez vnitřního tření
 - je nestlačitelná
 - Ideální plyn:**
 - nemá vnitřní tření
 - je dokonale stlačitelný

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

TLAK V KLIDNÉ TEKUTINĚ

- Důležitá veličina, která charakterizuje stav tekutiny v klidu, je tlak:

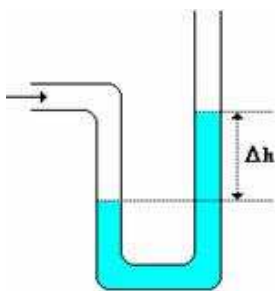
$$p = \frac{F}{S}$$

Tlak závisí přímo-úměrně na velikosti síly a nepřímo-úměrně na obsahu plochy, na kterou síla působí.

Jednotka tlaku: $[p] = \frac{N}{m^2} = Pa \dots$ **pascal**

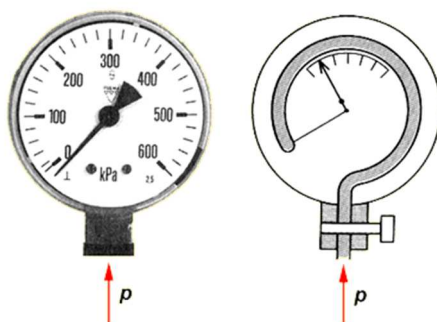
V praxi používáme jednotky **kPa ... kilopascal**
MPa ... megapascal

- K měření tlaku používáme **manometry**.
Otevřený kapalinový manometr ... pro měření menších tlaků
(tlak je přímo-úměrný rozdílu hladin Δh v trubici ve tvaru písmene U)



Zdroj obr: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/112-mereni-tlaku>

Deformační (kovový) manometr ... pro měření větších tlaků



Zdroj obr: <http://www.enviroexperiment.cz/fyzika-stredni-skola/atmosfera-zeme-podtlak-pretlak>

- O existenci tlaku v kapalině svědčí například prudce vytékající proud vody z vodovodu.
O existenci tlaku v plynu svědčí například napjatá stěna kopacího míče nebo nahuštěné pneumatiky.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Pascalův zákon:

Tlak vyvolaný vnější silou, která působí na povrch kapaliny v uzavřené nádobě, je ve všech místech a ve všech směrech kapaliny stejný.



Zdroje obr: <http://seminarka-kapaliny.blog.cz/0703/pascaluv-zakon>
<https://sites.google.com/site/fyzika007/mechanika/pascaluv-zakon>

- velikost tohoto tlaku nezávisí na objemu ani hustotě kapaliny
- tlak v kapalině vyvolává tlaková síla $F = p \cdot S$, která je kolmá k ploše, na kterou působí
- zákon zformuloval v 17. století francouzský fyzik B. Pascal
- Pascalův zákon platí i pro plyny

Úloha:

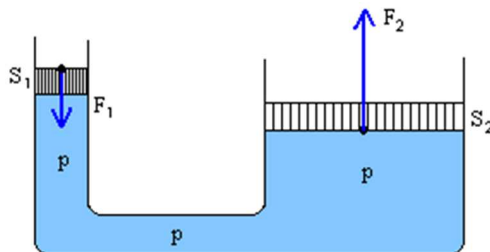
Platí Pascalův zákon také v beztížném stavu?
Zdůvodněte.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Využití Pascalova zákona:

- hydraulická a pneumatická zařízení

Princip hydraulického lisu:



Zdroj obr: <https://sites.google.com/site/fyzika007/mechanika/pascaluav-zakon>

- Ve dvou válcových nádobách je uzavřena pohyblivými písty kapalina.
- Na píst v užším válci s průřezem o obsahu S_1 působíme silou F_1 . Síla vyvolá v kapalině

tlak $p = \frac{F_1}{S_1}$, který je ve všech místech kapaliny stejný.

- Na píst v širší nádobě s průřezem o obsahu S_2 působí tlaková síla o velikosti

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

- Po úpravě dostaneme: $\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}$

Na širší píst působí kapalina tolikrát větší silou než je síla působící na užší píst, kolikrát je obsah průřezu širšího pístu větší než obsah průřezu užšího pístu.

- Síla působící na širší píst může být mnohonásobně větší než síla, kterou působíme na užší píst. Tohoto poznatku se využívá například **u hydraulických zvedáků, u hydraulických brzd automobilů, u hydraulických lisů.**
- Na stejném principu pracují pneumatická zařízení, v nichž se tlak přenáší stlačeným vzduchem. Jsou to například pneumatická kladiva a vrtačky, pneumatické brzdy u vlaků.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Hydraulické zařízení pro zvedání



Hydraulické kotoučové brzdy



Zdroje obr: <http://paletoservis.cz/vozik>, <http://www.rebelsracing.cz/cs/auto/koncepce>

Pneumatická vrtačka



Pneumatické kladivo



Zdroje obr: <http://www.akunaradi.cz/pneumaticka-vrtacka-gude-profi-2600/d-70702/>,
<http://stavebni-technika.cz/clanky/rucni-sbijeci-a-bouraci-kladiva-firmy-atlas-copco/>



evropský
sociální
fond v ČR



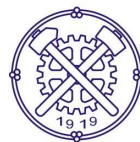
EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

PRACOVNÍ LIST 1

TLAK V KLIDNÉ KAPALINĚ

Příklad 1:

Kapalina je uzavřena v nádobě pístem s průřezem o obsahu 20 cm^2 . Na píst působíme silou 60 N . Určete, jaký tlak vyvolá tato síla v kapalině.

Příklad 2:

Obsahy průřezů válců hydraulického lisu jsou 15 cm^2 a 450 cm^2 . Vypočítejte, jaká tlaková síla působí na větší píst, působíme-li na menší píst silou 200 N . Potom určete, o jakou dráhu se posune větší píst, posune-li se menší píst o 15 cm ?

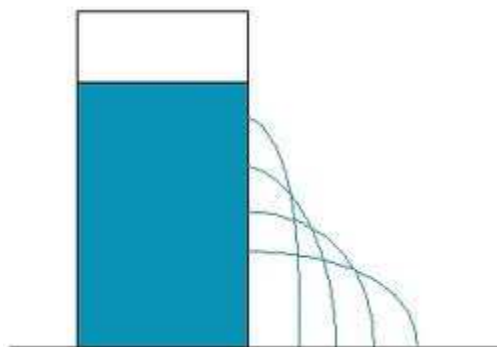
Příklad 3:

V kapalině, v níž je vnější silou vyvolán tlak 50 kPa , je ponořena destička o obsahu 10 cm^2 . Určete, jak velká tlaková síla působí na jednu stranu destičky. Proč nemá tato síla na destičku pohybové účinky?

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

HYDROSTATICKÝ TLAK

- Je tlak v kapalině vyvolaný vlastní tíhou kapaliny.
 - Závisí na hloubce pod volným povrchem kapaliny. Můžeme se o tom přesvědčit pokusem na obrázku.



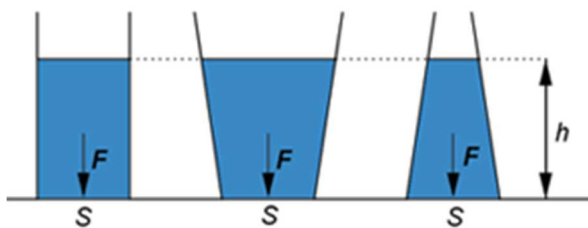
Zdroj obr: <http://moodle2.gymcheb.cz>

- Závisí také na hustotě kapaliny a na tíhovém zrychlení.
 - Hydrostatický tlak v hloubce ***h*** pod volným povrchem kapaliny a hustotě ***ρ*** je:

$$p_h = h\rho g$$
 - Hydrostatický tlak se zvětšuje s hloubkou. Ve velkých hloubkách (v hlubinách oceánů) dosahuje značně velkých hodnot.
 - V místech téže hloubky je stejný. Místa se stejným hydrostatickým tlakem nazýváme ***hladiny***.
 - Volný povrch kapaliny (hydrostatický tlak je zde roven nule), se nazývá ***volná hladina***.
- Velikost tlakové síly, která působí na plochu o obsahu ***S*** a hloubce ***h*** pod volným povrchem kapaliny je: $F_h = h\rho gS$
- Jde o ***hydrostatickou tlakovou sílu***.
- Tlaková síla v dané hloubce pod povrchem kapaliny závisí na hustotě kapaliny a na obsahu plochy, na kterou působí.
 - Kapalina působí hydrostatickou tlakovou silou na dno a stěny nádoby a na všechna tělesa ponořená v kapalině (například voda na dno a stěny bazénu, na tělo potápěče, na mořské živočichy).
 - Tlaková síla je vždy kolmá k ploše, na kterou působí.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Hydrostatické paradoxon

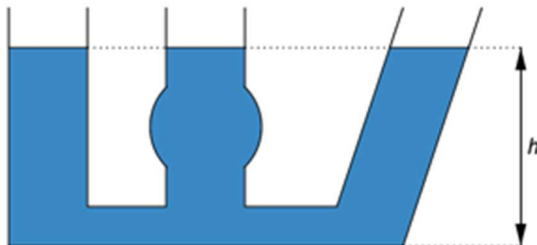


Zdroj obr: <http://www.techmania.cz>

- Velikost hydrostatické tlakové síly nezávisí na tvaru a hmotnosti kapaliny v nádobě.
- Nalijeme-li do nádob různého tvaru, ale se stejným obsahem dna, kapalinu do stejné výšky, působí na dna nádob stejné tlakové síly.
- Tento jev se nazývá hydrostatické paradoxon.

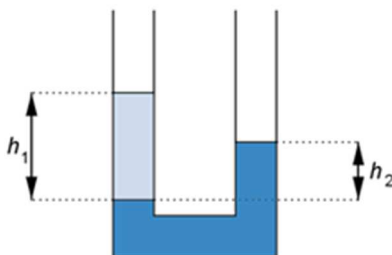
Spojené nádoby

- Nalijeme-li kapalinu do spojených nádob, jsou volné hladiny ve všech nádobách ve stejné výšce. V každé nádobě je v hloubce h pod hladinou též hydrostatický tlak.



Zdroj obr: <http://www.techmania.cz>

- Pokud do dvou spojených nádob nalijeme dvě kapaliny o různých hustotách ρ_1 , ρ_2 , které se navzájem nemísí, jsou volné hladiny v nádobách v různých výškách.



Zdroj obr: <http://www.techmania.cz>



evropský
sociální
fond v ČR



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- Kapaliny jsou v rovnováze, jestliže jsou hydrostatické tlaky v místě společného rozhraní stejné: $h_1 \rho_1 g = h_2 \rho_2 g$

Po úpravě dostaneme: $\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$

- ***Ve spojených nádobách jsou hustoty dvou kapalin v převráceném poměru k výškám sloupců kapalin nad společným rozhraním.***
- Na základě tohoto poznatku můžeme měřit hustotu jedné kapaliny, známe-li hustotu druhé kapaliny a změříme-li výšky h_1 , h_2 .



evropský
sociální
fond v ČR



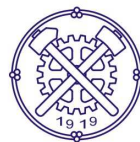
EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

PRACOVNÍ LIST 2

HYDROSTATICKÝ TLAK

Příklad 1:

Vypočítejte, jak velká hydrostatická síla působí na dno vodní nádrže v hloubce 3 m, je-li obsah dna 5 m^2 .
Jaký je v této hloubce hydrostatický tlak?

Příklad 2:

Jak vysoký sloupec vody vyvolá hydrostatický tlak 100 kPa ?

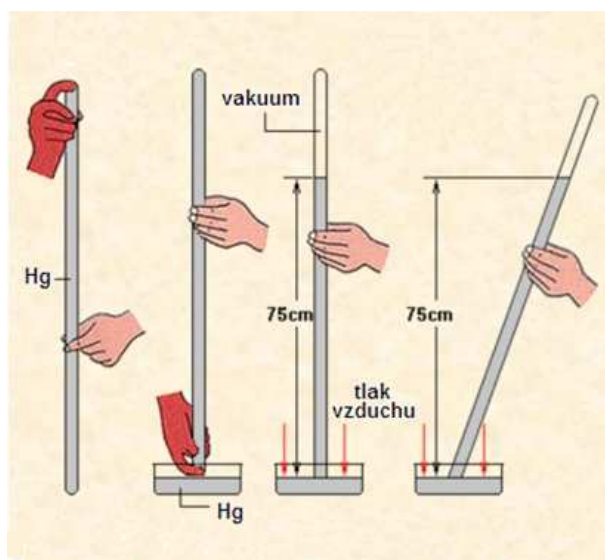
Příklad 3:

Do spojených nádob nalijeme olej a vodu. Výška sloupce vody nad společným rozhraním obou kapalin je 18 cm , výška sloupce oleje 20 cm . Vypočítejte hustotu oleje.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

ATMOSFÉRICKÝ TLAK

- Je tlak způsobený vlastní tíhou vzduchu.
- I v plynech vzniká působením tíhy tlak. Hustota plynů je ale velmi malá, proto se tlak plynů v uzavřených nádobách moc neprojevuje. Zemi obklopuje mohutná vrstva vzduchu, tzv. atmosféra, která je poutána k povrchu Země. Spolu se Zemí koná otáčivý pohyb.
- Jeho existenci prokázal italský fyzik **Torricelli** svým pokusem, který provedl v 17. století.



Zdroj obr: <http://www.sszdra-karvina.cz/bunka/fy/01tlak/tlaktp.htm>

Atmosférický tlak je roven hydrostatickému tlaku rtuťového sloupce o výšce 760 mm.

- Atmosférický tlak se s rostoucí nadmořskou výškou zmenšuje (při výstupu o 100 m, se atmosférický tlak zmenší přibližně o 1,3 kPa.).
- Ke změně atmosférického tlaku dochází i během dne. Toto kolísání tlaku je doprovázeno změnami počasí. Tlak vzduchu při povrchu Země dosahuje hodnot kolem 10^5 Pa. Pro meteorologické účely byl stanoven **normální atmosférický tlak**

$$p_n = 1013,25 \text{ hPa} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa}.$$
- Atmosférický tlak měříme **tlakoměry** nebo-li **barometry**:
 - **Kovové tlakoměry (aneroidy)** – podstatnou část tvoří vzduchoprázdňá nádoba z pružného materiálu, která se působením atmosférického tlaku deformuje. Tato deformace je přenášena na indikační ručičku.



Zdroj obr: <http://www.prexim-megapex.cz/Hustilky-tlakomery/tlakomer-kovovy-4-5-atm-06-10>

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- **Rtuťové tlakoměry** – používají se pro přesná měření, jsou založeny na principu Torricelliho pokusu.



Zdroj obr: <http://www.optingservis.cz/index.php/nabidka-zboi/503-tonometr-pro-la-rtulov-stoln>

- Aneroid se stupnicí v metrech slouží jako výškoměr.
- U starších tlakoměrů jsou hodnoty tlaku uvedeny v těchto jednotkách:
 - v milibarech: $1000 \text{ mb} = 1000 \text{ hPa}$
 - v torrech
 - v milimetrech rtuťového sloupce: $760 \text{ mm Hg} = 760 \text{ torr} = 1013,25 \text{ hPa}$

Úloha :

Pijeme-li limonádu slámkou, limonáda vystupuje vzhůru proti směru tíhové síly, která na ni působí. Vysvětlete tento jev.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

PRACOVNÍ LIST 3

ATMOSFÉRICKÝ TLAK

Příklad 1:

Jak vysoký sloupec vody se udrží v trubici působením atmosférického tlaku?

Příklad 2:

Určete, jak velkou silou je přitlačována ke skleněné tabuli přísavka o průměru 4 cm při normálním atmosférickém tlaku.

Příklad 3:

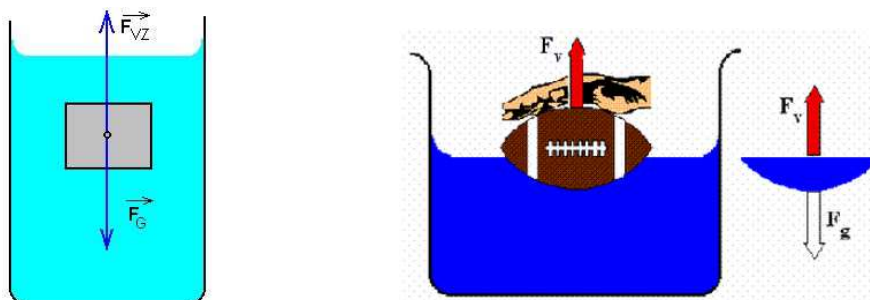
V nádobě je nalita rtuť do výšky 15 cm a nad ní je nalita vrstva vody o výšce 96 cm. Vypočítejte celkový hydrostatický tlak na dno nádoby. Hustota rtuti je $13,6 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

VZTLAKOVÁ SÍLA V KAPALINÁCH A PLYNECH

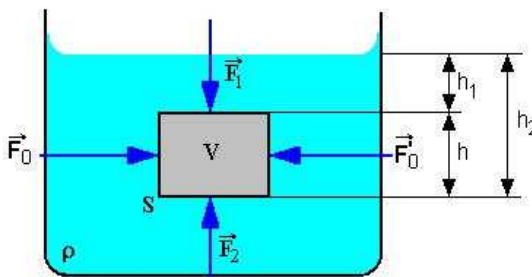
Vztlaková síla v kapalinách:

- Na každé těleso ponořené do kapaliny působí síla, která ho nadlehčuje. Tato síla se nazývá **vztlaková síla** a vždy směřuje svisle vzhůru. Značíme ji F_{VZ} .
Například kámen ve vodě zvedneme menší silou než na vzduchu.
Některé předměty jsou v kapalině nadlehčovány tak velkou silou, že plovou na jejím povrchu.



Zdroje obr: <http://archimeduvzakon.chytrak.cz/paragraph.htm>
http://www.zslado.cz/vyuka_fyzika/e_kurz/7/vlastnostikapalin/vykl.htm

- Vysvětlete, jaké síly a jakým směrem působí na těleso ponořené v kapalině (viz obr.)



Zdroj obr: <http://archimeduvzakon.chytrak.cz/paragraph.htm>

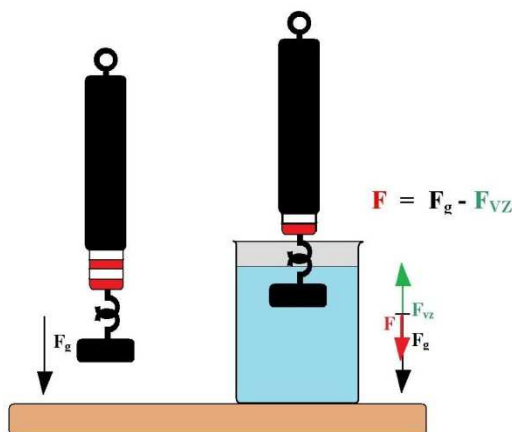
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- Vztah pro velikost vztlačové síly: $F_{vz} = V \cdot \rho \cdot g$

Velikost vztlačové síly závisí na objemu ponořené části tělesa, na hustotě kapaliny a na tíhovém zrychlení.

Nezávisí na tvaru tělesa ani na hloubce, do níž je ponořeno, ani na hustotě tělesa.

- Velikost vztlačové síly můžeme určit pokusem:



Zdroj obr: <http://www.vyukovematerialy.cz/fyzika/7/kapaliny/vztlakka.htm>

- 1) Na siloměr zavěsíme závaží a určíme jeho tíhu **G** (tíhovou sílu F_G).
- 2) Závaží ponoříme do vody.
- 3) Siloměr ukáže menší výchylku, sílu $F < G$
- 4) Velikost vztlačové síly je $F_{vz} = F_G - F$

- K poznatku o působení vztlačové síly na těleso ponořené do kapaliny dospěl ve 3. stol. př. n. l. řecký učenec **Archimedes**:

Archimédův zákon: *Těleso ponořené do kapaliny je nadlehčováno vztlačovou silou, jejíž velikost se rovná tíze kapaliny stejného objemu, jako je objem ponořeného tělesa.*



Zdroj obr: <http://www-history.mcs.st-and.ac.uk/PictDisplay/Archimedes.html>

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

PLOVÁNÍ TĚLES

- Na těleso ponořené do kapaliny působí dvě síly: **tíhová síla** F_G a **vztlaková síla** F_{VZ}

$$F_G = m \cdot g$$

$$F_G = V \cdot \rho_T \cdot g$$

$$F_{VZ} = V \cdot \rho_k \cdot g$$

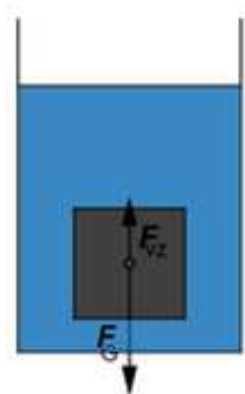
- Můžou nastat tři případy (pokud na těleso nepůsobí žádné další síly).
Jestliže:

1) $\rho_T > \rho_k \Rightarrow F_G > F_{VZ}$

Hustota tělesa je větší než hustota kapaliny → tíhová síla je větší než vztlaková síla.

Těleso klesá ke dnu.

Například ocelový předmět ve vodě.



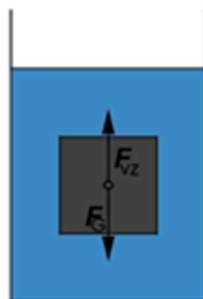
Zdroj obr: <http://www.techmania.cz/edutorium/art>

2) $\rho_T = \rho_k \Rightarrow F_G = F_{VZ}$

Hustota tělesa je stejná jako hustota kapaliny → tíhová síla je stejná jako vztlaková síla.

Těleso se vznáší v kapalině.

Ve vodě se vznáší například ryba, potápeč ve skafandru.



Zdroj obr: <http://www.techmania.cz/edutorium/art>

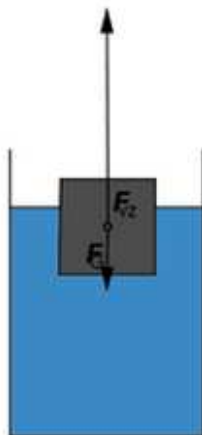
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

$$3) \quad \rho_T < \rho_k \Rightarrow F_G < F_{VZ}$$

Hustota tělesa je menší než hustota kapaliny $\rightarrow$ tíhová síla je menší než vztlaková síla.

Těleso stoupá k hladině, až se částečně vynoří.

Kus dřeva, korková zátka ve vodě, ocelový předmět ve rtuti.



Zdroj obr: <http://www.techmania.cz/edutorium/art>

- Při plování tělesa je tíhová síla, která na něj působí, v rovnováze s hydrostatickou vztlakovou silou, která působí na ponořenou část tělesa: $V \cdot \rho_T \cdot g = V' \cdot \rho_k \cdot g$
 V je objem tělesa a V' objem ponořené části.

Pro objem ponořené části plovoucího tělesa k objemu celého tělesa pak platí:

$$\frac{V'}{V} = \frac{\rho_T}{\rho_k}$$

Objem ponořené části plovoucího tělesa je tím větší, čím menší je hustota kapaliny.

Na tomto principu je založeno měření hustoty kapalin pomocí hustoměrů.

Vztlaková síla v plynech:

- I plyny působí na tělesa vztlakovou silou a tělesa nadlehčují.
- Protože je hustota plynů malá, je vztlaková síla v plynech mnohem menší než v kapalinách.



evropský
sociální
fond v ČR



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Úloha 1:

Ve sklenici, která je až po okraj naplněna vodou, plove kostka. Přeteče voda ze sklenice, jestliže led roztaje? Zdůvodněte.

Úloha 2:

Vysvětlete, jakým způsobem se dosahuje ponoření a vynoření ponorky.

Úloha 3:

Na jednom konci vahadla rovnoramenných vah je zavěšeno stejnorodé mosazné závaží, na druhém konci stejnorodé hliníkové závaží. Zjistěte, zda se poruší rovnováha, jestliže obě závaží ponoříme současně do nádobek s vodou.



evropský
sociální
fond v ČR



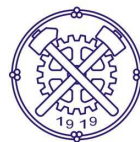
EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

PRACOVNÍ LIST 4

VZTLAKOVÁ SÍLA

Příklad 1:

Určete, jak velkou vztakovou silou je ve vodě nadlehčováno těleso o objemu 10 dm^3 .

Příklad 2:

Vypočítejte, jak velkou silou zvedneme ve vodě kámen o hmotnosti 50 kg ve vodě, je-li jeho hustota $2500 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Příklad 3:

Na kámen působí tíhová síla o velikosti $4,4 \text{ N}$. Je-li kámen celý ponořen ve vodě, působí na něj výsledná síla o velikosti $2,8 \text{ N}$. Určete, jak velký je jeho objem a hustota.



evropský
sociální
fond v ČR



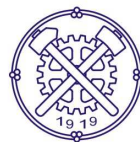
EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Příklad 4:

Na volné vodní hladině plove korková zátka. Zjistěte, jaká část objemu zátky je ponořena do vody, je-li hustota korku 300 kg.m^{-3} .

Příklad 5:

V kapalině o hustotě $0,90 \text{ g.cm}^{-3}$ plove homogenní těleso o hustotě $0,72 \text{ g.cm}^{-3}$. Určete, kolik % objemu tělesa je vnořeno.

Příklad 6:

Do vody ponoříme těleso o objemu $0,5 \text{ m}^3$. Určete, jakou průměrnou hustotu musí mít těleso, jestliže nad hladinou vody vyčnívá část tělesa o objemu $0,1 \text{ m}^3$. Potom určete, jaká by musela být hmotnost ponořovaného tělesa, aby se ve vodě vznášelo.

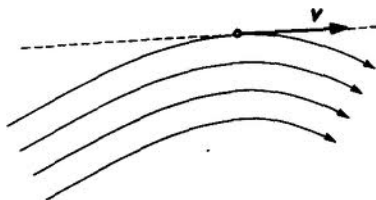
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

PROUDĚNÍ TEKUTIN

- Studium proudění tekutin je důležité například pro stavbu raketových motorů, letadel, lodí, turbín.
- Pohyb tekutin je složitější než pohyb tuhých těles (částice tekutiny mohou snadno měnit svou vzájemnou polohu).
- Omezíme se na proudění ideální kapaliny (zcela nestlačitelná a dokonale tekutá).
- Trajektorie jednotlivých částic proudící kapaliny znázorňujeme **proudnicemi**.
Rychlost částice má směr tečny k proudnici.

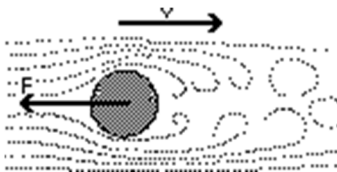
Rozlišujeme proudění:

- 1) **Laminární** – vzniká při malých rychlostech proudící kapaliny; proudnice jsou souběžné, nikde se neprotínají.



Zdroj obr: http://www.google.cz/search?hl=cs&gs_l=5&gs_r=psy-ab&cp=37&gs_id=42&xhr=t&q=proudnice+trajektorie

- 2) **Turbulentní** – vzniká při větších rychlostech proudění, tvoří se víry. Toto proudění můžeme pozorovat například u horních toků řek.



Zdroj obr: http://www.gypri.cz/zde/fyzika/vyuka/stred_f/mechan/bernou.html

V následujících úvahách se omezíme na proudění laminární. Nejjednodušším případem laminárního proudění je **ustálené proudění ideální kapaliny**.

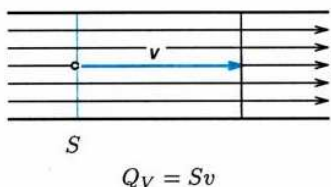
Ustálené proudění ideální kapaliny:

- Rychlost částic kapaliny v libovolném místě stálá, tlak je v daném místě také konstantní, kapalina se nikde nehromadí.
- Každým průřezem potrubí protéká za stejnou dobu stejné množství kapaliny.
- Množství kapaliny, která proteče daným průřezem trubice za jednotku času, se nazývá **objemový průtok** Q_V .

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Protéká-li průřezem S kapalina rychlostí v , pak objemový průtok je $Q_V = S \cdot v$

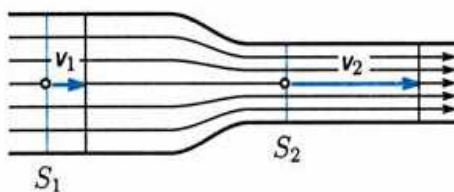
Jednotka: $[Q_V] = m^3 \cdot s^{-1}$



Zdroj obr: <http://mog.wz.cz/fyzika/1rocnik/kap403.htm>

Rovnice kontinuity (spojitosti toku):

- Uvažujeme trubici o dvou různých průřezech:



Zdroj obr: <http://mog.wz.cz/fyzika/1rocnik/kap403.htm>

- V širší části trubice je objemový průtok $Q_{V1} = S_1 \cdot v_1$, v užší části trubice $Q_{V2} = S_2 \cdot v_2$.
- Při ustáleném proudění ideální kapaliny je objemový průtok v každém průřezu stejný:

$$Q_{V1} = Q_{V2} \Rightarrow S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2 \quad \dots \text{rovnice kontinuity (spojitosti toku)}$$

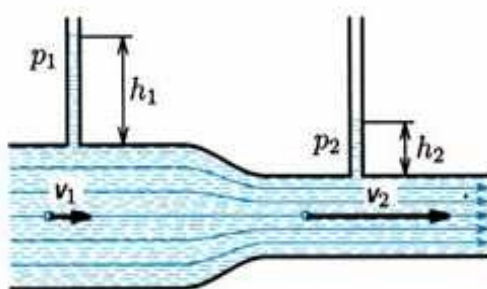
- Jiný tvar rovnice: $S \cdot v = \text{konst.}$
Součin obsahu průřezu a rychlosti proudu je v každém místě trubice stejný.

- Důsledek rovnice:
V místě s menším obsahem průřezu proudí kapalina větší rychlostí.
Zahradnická trubice má zúžený konec, aby voda tryskající z trubice měla větší rychlost.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Bernoulliho rovnice:

- Je zvláštním případem zákona zachování mechanické energie pro ustálené proudění ideální kapaliny ve vodorovné trubici.
- V užší části trubice proudí kapalina větší rychlostí a má i větší kinetickou energii. Při zvýšení kinetické energie se musí zmenšit energie potenciální (podle zákona zachování mechanické energie). U proudící kapaliny se nezmenšuje potenciální energie tíhová, ale potenciální energie tlaková (její úbytek se projeví zmenšením tlaku kapaliny).



Zdroj obr: <http://mog.wz.cz/fyzika/1rocnik/kap403.htm>

- Změny tlaku a tím i tlakové potenciální energie můžeme vidět na manometrických trubicích.

V užší části trubice, kde kapalina proudí rychleji, je v kapalině menší tlak.

Tento jev nazýváme **hydrodynamické paradoxon**.

- **Bernoulliho rovnice:**
$$\frac{1}{2} \rho v_1^2 + p_1 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 + p_2 \quad \dots$$

Součet kinetické a tlakové potenciální energie kapaliny o jednotkovém objemu je ve všech místech trubice stejný.

- Při velkém zúžení trubice může tlak kapaliny klesnout tak, že bude menší než tlak atmosférický. V zúženém místě vznikne **podtlak** a do manometrické trubice je nasáván vzduch.

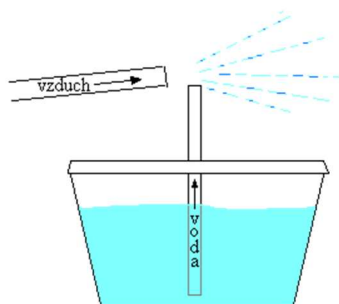
Poznámka:

Podtlak vzniká i tehdy, když trubicí proudí velkou rychlostí plyn.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

➤ **Využití podtlaku u proudícího vzduchu:**

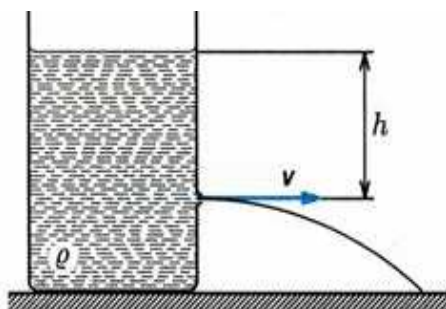
- rozprašovače
- stříkáci pistole
- v karburátoru spalovacího motoru
- přitahování dvou listů papíru, pokud mezi ně foukáme



Zdroj obr: <http://www.infovek.sk/predmety/fyzika/pokusy/kvap24.htm>

Výtok kapaliny otvorem v hloubce h :

- Rychlost kapaliny vytékající otvorem ve stěně nádoby určíme ze zákona zachování mechanické energie.
- V místě otvoru se tlaková potenciální energie kapaliny o jednotkovém objemu mění v její kinetickou energii: $\rho \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \Rightarrow v = \sqrt{2gh}$
- Rychlost vytékající kapaliny je větší u otvoru ve větší hloubce.



Zdroj obr: <http://mog.wz.cz/fyzika/1rocnik/kap403.htm>



evropský
sociální
fond v ČR



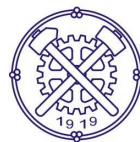
EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

PRACOVNÍ LIST 5

PROUDĚNÍ TEKUTIN

Příklad 1:

Trubicí s průřezem o obsahu 20 cm^2 proteče za 1 minutu voda o objemu 120 litrů. Určete objemový průtok a rychlost vody.

Příklad 2:

V potrubí s průřezem o obsahu 40 cm^2 teče voda rychlostí $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. V potrubí je zúžené místo s průřezem o obsahu 5 cm^2 . Určete, jakou rychlostí protéká voda tímto směrem.

Příklad 3:

Určete, jakou rychlostí tryská voda otvorem ve stěně nádoby, je-li otvor v hloubce 80 cm pod volnou hladinou vody.



evropský
sociální
fond v ČR



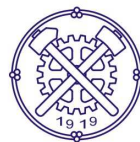
EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Příklad 4:

Ve vodorovném potrubí s průřezem o obsahu 5 cm^2 je zúžené místo s průřezem o obsahu 3 cm^2 .

V zúženém místě je tlak o $1,2 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ menší než v širším místě. Jaká je rychlost vody v zúženém místě?

Příklad 5:

Nádoba je uzavřena pístem o obsahu 8 cm^2 . Určete, jakou rychlostí tryská voda otvorem ve stěně nádoby, jestliže působíme na píst silou 10 N . Hydrostatický tlak způsobený tíhou vody neuvažujte.

Příklad 6:

Voda přitéká potrubím o průměru $0,04 \text{ m}$ rychlostí $1,25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ do trysky, z níž vystřikuje rychlostí $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Jak velký průměr má tryska?



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

PŘÍKLADY NA PROCVIČENÍ

- 1) V části lodi, která je ponořena pod vodou, vznikl v hloubce 3m otvor o obsahu 5 cm^2 . Určete, jaká minimální síla je zapotřebí, aby se z vnitřní strany lodě udržela záplata zakrývající otvor.
- 2) Užší píst hydraulického lisu se posunul o 25 cm směrem dolů a současně se při tom širší píst posunul o 5 mm směrem vzhůru. Vypočítejte, jaká síla působí na širší píst, jestliže na užší píst působí síla 200 N.
- 3) Zjistěte, v jaké hloubce je tlak ve vodě pětikrát větší než atmosférický tlak 10^5 Pa .
- 4) Poloměr kruhové podstavy menšího pístu hydraulického lisu je 4 cm. Vypočítejte, jaký poloměr musí mít kruhová podstava většího pístu, máme-li silou o velikosti 80 N působící na menší píst vyvolat na větší píst tlakovou sílu o velikosti 11 520 N.
- 5) Turista naměřil na úpatí hory atmosférický tlak 1020 hPa, na vrcholu hory tlak 955 hPa. Zjistěte, jaký výškový rozdíl turista při výstupu na horu překonal.
- 6) Určete, jak velkou silou je nadlehčováno těleso o objemu 40 cm^3
 - a) ve vodě
 - b) v benzínuHustota benzínu je 750 kg.m^{-3} .
- 7) Vypočítejte, jak velkou silou zvedneme ve vodě kámen o hmotnosti 30 kg ve vodě, je-li jeho hustota 2500 kg.m^{-3} ?
- 8) Těleso o hmotnosti 5,4 kg zhotovené ze dřeva o hustotě $0,9 \text{ g.cm}^{-3}$ je zcela ponořené ve vodě. Určete, jak velkou silou je taženo vzhůru.
- 9) Při měření atmosférického tlaku rtuťovým tlakoměrem byla výška rtuťového sloupce 745 mm. Určete, jakou hodnotu měl atmosférický tlak. Hustota rtuti je $13,6 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$.
- 10) Vodorovným potrubím o průměru 4 cm proudí voda rychlostí $1,2 \text{ m.s}^{-1}$. Potrubí se zužuje na průměr 2,4 cm. Určete rozdíl tlaků vody mezi těmito místy. Proudící vodu považujte za ideální kapalinu.
- 11) Vypočítejte tlak vody v potrubí o průměru 3 cm, kterým proudí voda rychlostí o velikosti 1 m.s^{-1} , jestliže z trysky o průměru 1 cm vystřikuje rychlostí o velikosti 15 m.s^{-1} . Vliv atmosférického tlaku a odpor vzduchu neuvažujeme.
- 12) Určete, jak velká je výtoková rychlost vody proudící výpustním otvorem údolní přehrad, je-li otvor 20 m pod volnou hladinou.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Seznam použité literatury a internetových zdrojů

E. SVOBODA, F. BARTÁK, M. ŠIROKÁ: Fyzika pro technické obory. SPN, 1989.
O. LEPIL, M. BEDNAŘÍK, R. HÝBLOVÁ R: Fyzika I pro SŠ. Prometheus 1993.
K. BARTUŠKA: Sbírka řešených úloh z fyziky I. Prometheus 1997.
M. BEDNAŘÍK, M. ŠIROKÁ: Fyzika pro gymnázia Mechanika. Prometheus 2010
V. KOHOUT: Fyzika zásobník úloh pro SŠ. Scientia, spol.s r.o., 2006
F. BARTÁK, M. BEDNAŘÍK, O. LEPIL, M. ŠIROKÁ, E. SVOBODA: Sbírka úloh z fyziky. SPN 1988
O. LEPIL A KOLEKTIV: Fyzika Sbírka úloh pro střední školy. Prometheus 2005
F. BARTÁK, M. BEDNAŘÍK, O. LEPIL, M. ŠIROKÁ, E. SVOBODA: Sbírka úloh z fyziky pro studijní obory
SOU a SOŠ. SPN 1988

<http://www.enviroexperiment.cz>
<http://seminarka-kapaliny.blog.cz>
<https://sites.google.com>
<http://paletoservis.cz/vozik>
<http://www.rebelsracing.cz>
<http://www.akunaradi.cz>
<http://stavebni-technika.cz>
<http://moodle2.gymcheb.cz>
<http://www.techmania.cz>
<http://www.sszdra-karvina.cz>
<http://www.prexim-megapex.cz>
<http://www.optingservis.cz>
<http://archimeduvzakon.chytrak.cz>
<http://www-history.mcs>
<http://www.zslado.cz>
<http://www.google.cz>
<http://www.gypri.cz>
<http://mog.wz.cz>
<http://www.infovek.sk>