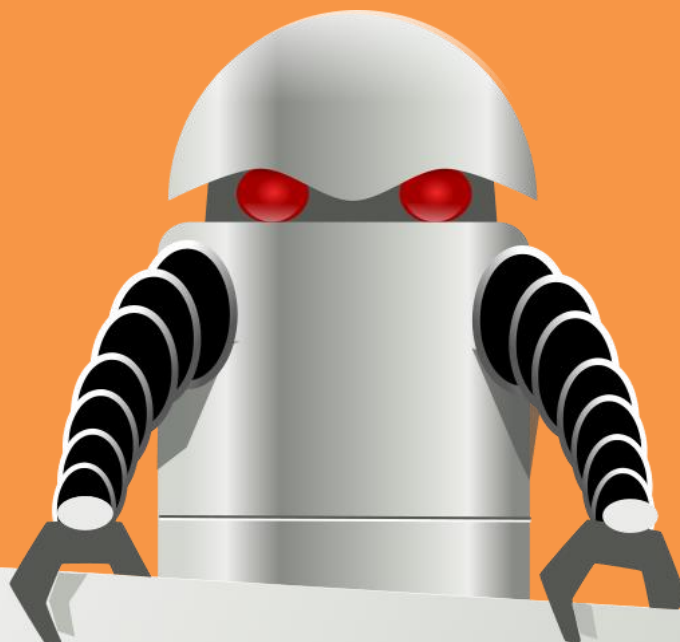


STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA STROJNICKÁ A STŘEDNÍ ODBORNÁ ŠKOLA  
PROFESORA ŠVEJCARA, PLZEŇ, KLATOVSKÁ 109



**Josef Gruber**

# **MECHANIKA V**

**HYDROMECHANIKA –  
PRACOVNÍ SEŠIT**

Vytvořeno v rámci Operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost  
CZ.1.07/1.1.30/01.0038 Automatizace výrobních procesů ve strojírenství  
a řemeslech



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Dílo podléhá licenci Creative Commons Uveďte autora-Nevyužívejte dílo komerčně-Zachovejte licenci 3.0 Česko.

# 1. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

## TLAK V KAPALINĚ 1

**Dáno:** Otevřená nádoba je naplněna vodou.

**Úkol:** Vypočítejte absolutní tlak v hloubce 4 m, jestliže barometr ukazuje atmosférický tlak 760 mm rtuťového sloupce. Hustota rtuti je  $13\,600\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Vyjádření atmosférického tlaku v Pa:

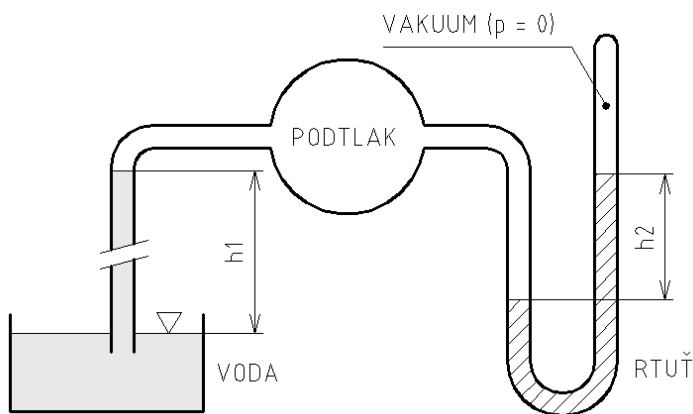
Výpočet absolutního tlaku:

**Dáno:** Vodní sloupec vyvodí hydrostatický tlak 0,981 bar.

**Úkol:** Vypočítejte výšku vodního sloupce  $h$ .

**Dáno:** V uzavřené nádobě je podtlak  $p_{va} = 63\text{ kPa}$ . Atmosférický tlak je  $p_a = 0,102\text{ MPa}$ .

**Úkol:** Vypočítejte, do jaké výšky  $h_1$  vystoupí voda v levé trubici a do jaké výšky  $h_2$  vystoupí rtuť v uzavřené pravé trubici.



Rovnováha v levé trubici:

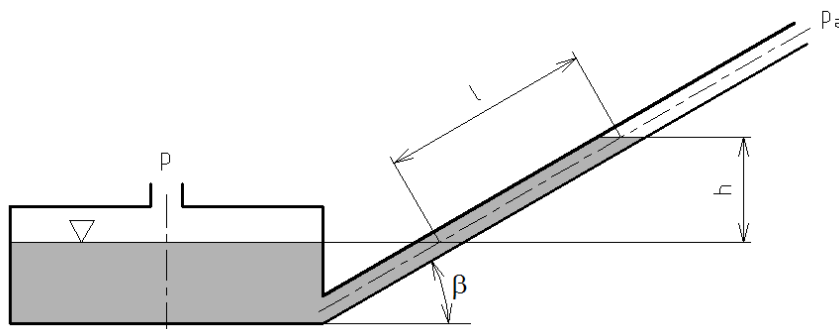
Rovnováha v pravé trubici:

## 2. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

### TLAK V KAPALINĚ 2

**Dáno:** Tlakoměr s potlačenou hladinou (mikromanometr) má jako měřicí kapalinu líh ( $\rho = 780 \text{ kg.m}^{-3}$ ). Atmosférický tlak byl naměřen  $0,101 \text{ MPa}$ . Délka  $l = 10 \text{ mm}$ , úhel šikmé trubice je  $\beta = 30^\circ$ .

**Úkol:** Vypočítejte rozdíl tlaků (přetlak) naměřený mikromanometrem.



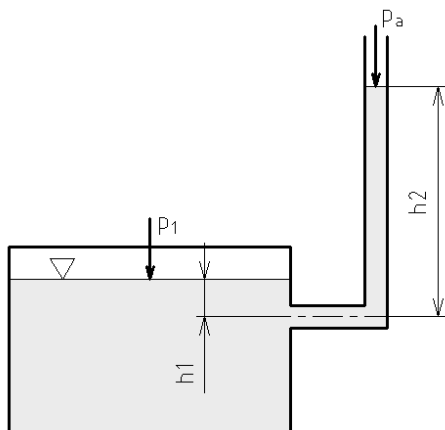
Výpočet  $h$ :

Rovnováha u srovnávací hladiny:

Přetlak  $\Delta p_p$ :

**Dáno:** V uzavřené nádobě působí na hladinu vody tlak  $p_1 = 0,119 \text{ MPa}$ . V hloubce  $h_1 = 156 \text{ cm}$  pod hladinou je k nádobě připojena tlakoměrná trubice. Atmosférický tlak je  $0,99 \text{ bar}$ .

**Úkol:** Vypočítejte, do jaké výšky  $h_2$  vystoupí voda v tlakoměrné trubici.



Rovnováha u srovnávací hladiny:

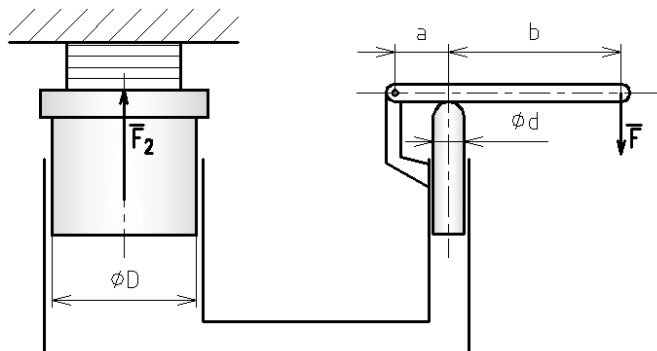
Výška  $h_2$ :

### 3. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

#### TLAKOVÁ SÍLA 1

**Dáno:** U hydraulického lisu se tlak vyvozuje ručním čerpadlem. Síla na páce je  $F = 160 \text{ N}$ , rozměry  $D = 300 \text{ mm}$ ,  $d = 20 \text{ mm}$ ,  $a = 100 \text{ mm}$ ,  $b = 900 \text{ mm}$ .

**Úkol:** Vypočítejte měrný tlak vyvozený čerpadlem, lisovací sílu na velkém pístu  $F_2$  a poměr zdvihů pístů.



Síla na malý píst:

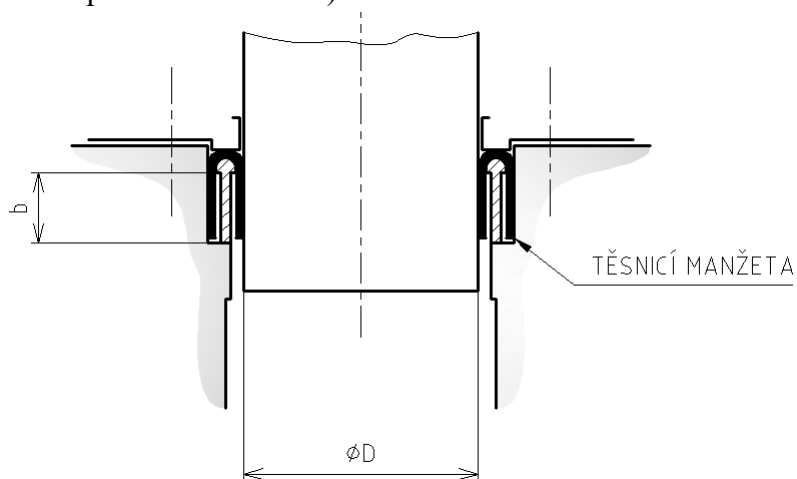
Hydraulický převodový poměr:

Lisovací síla:

Poměr zdvihů (vztah mezi objemy kapaliny):

**Dáno:** Píst hydraulického lisu je zatížen silou  $F = 82\,000 \text{ N}$ . Průměr pístu je  $D = 180 \text{ mm}$ . Šířka těsnicí manžety je  $b = 12 \text{ mm}$ , součinitel tření mezi pístem a manžetou je  $f = 0,15$ .

**Úkol:** Vypočítejte měrný tlak v kapalině bez uvažování tření a s uvažováním tření (třecí síly mezi pístem a manžetou).



Výpočet tlaku bez uvažování tření:

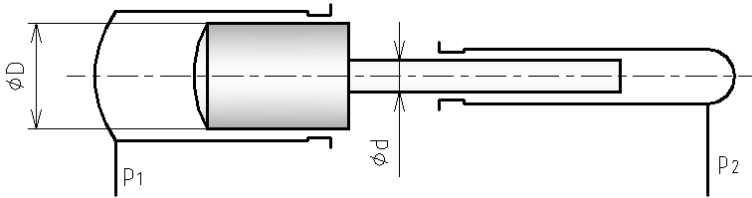
Výpočet se třením. Plocha těsnicí manžety je dána součinem obvodu pístu a šířky manžety:

## 4. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

### TLAKOVÁ SÍLA 2

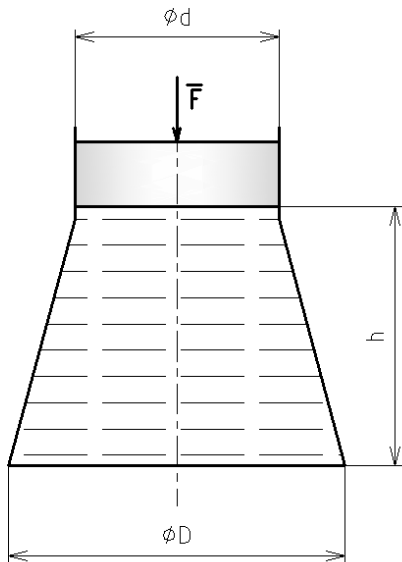
**Dáno:** Hydraulický multiplikátor je prvek pro násobení tlaku. Jsou dány průměry pístů  $D = 50 \text{ cm}$ ,  $d = 10 \text{ cm}$ , na velký píst působí tlak  $p_1 = 0,5 \text{ MPa}$ .

**Úkol:** Vypočítejte tlak  $p_2$ , který vznikne na malém pístu.



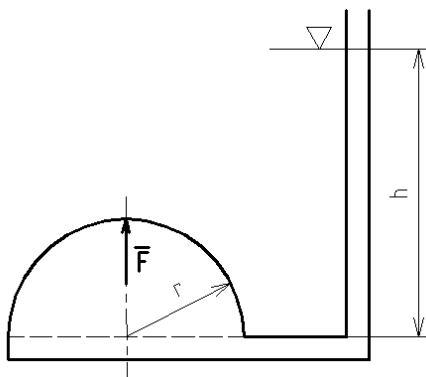
**Dáno:** Nádoba je naplněna vodou do výšky  $h = 1\,350 \text{ mm}$ . Dno nádoby má průměr  $D = 920 \text{ mm}$ . Na píst o průměru  $d = 480 \text{ mm}$  působí síla  $F = 5\,000 \text{ N}$ .

**Úkol:** Vypočítejte tlakovou sílu na dno nádoby.



**Dáno:** Nádoba s víkem polokulového tvaru je naplněna vodou. Výška kapaliny  $h = 2 \text{ m}$ , poloměr  $r = 0,7 \text{ m}$ .

**Úkol:** Vypočítejte tlakovou sílu na víko nádoby. Dobře promyslete hydrostatické paradoxon.

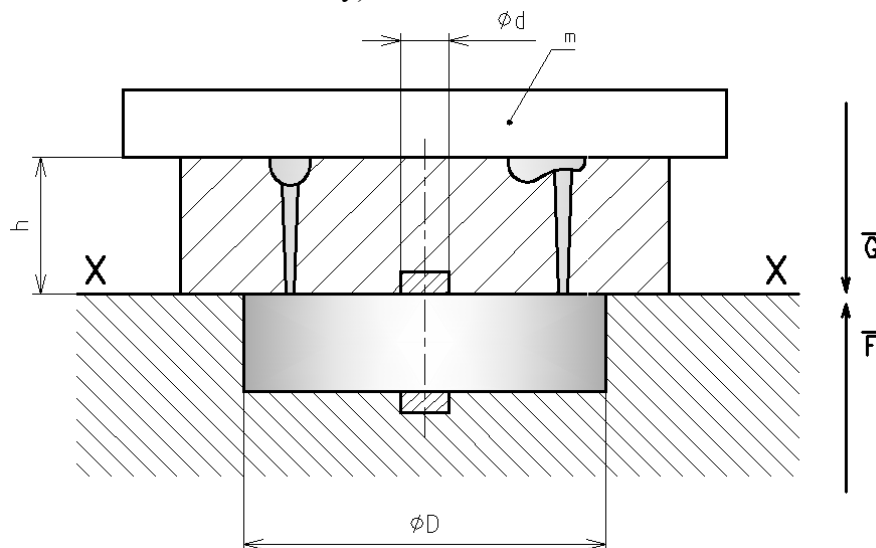


## 5. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

### TLAKOVÁ SÍLA 3

**Dáno:** Do pískové formy se má odlít kotoučový píst o průměru  $D = 600$  mm. Průměr jádra je  $d = 70$  mm. Hustota litiny je  $\rho = 7\,200$  kg.m<sup>-3</sup>. Výška svršku formy je  $h = 200$  mm.

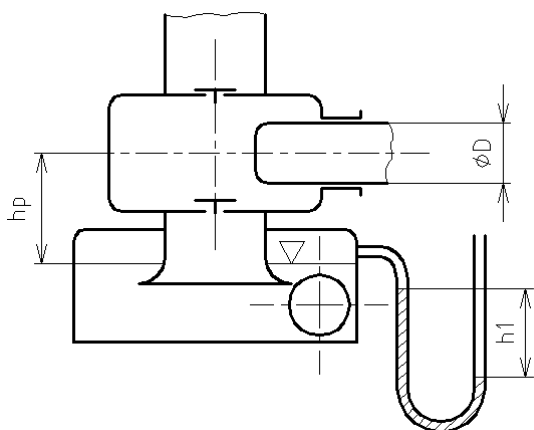
**Úkol:** Vypočítejte hmotnost závaží zatěžujícího formu při odlévání (tekutý kov působí tlakovou silou na svršek formy).



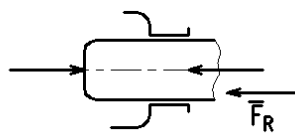
Závaží musí vyrovnat účinek tlakové síly působící na svršek formy:

**Dáno:** Vakuometr připojený na sací vzdušník pístového čerpadla ukazuje podtlak 530 mm rtuťového sloupce ( $h_1$ ). Barometr ukazuje tlak 754 mm Hg. Výška sloupce vody mezi pístem a hladinou ve vzdušniku je  $h_p = 700$  mm. Průměr pístu  $D = 250$  mm.

**Úkol:** Vypočítejte absolutní tlak ve vzdušniku a sací sílu, která působí na píst čerpadla (žene jej do čerpadla).



Absolutní tlak v ose pístu je roven tlaku ve vzdušniku zmenšenému o tlak vodního sloupce o výšce  $h_p$ . Vně čerpadla působí na píst atmosférický tlak.

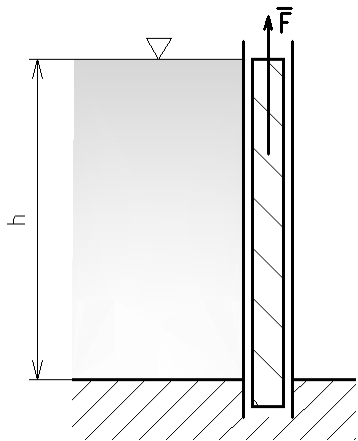


## 6. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

### TLAKOVÁ SÍLA 4

**Dáno:** Svislé obdélníkové stavidlo o tíze  $G = 2\,500\text{ N}$  zadržuje vodu do výšky  $h = 1,5\text{ m}$ . Šířka stavidla je  $b = 3\text{ m}$ . Součinitel tření ve vedení stavidla je  $f = 0,3$ .

**Úkol:** Vypočítejte sílu  $F$  potřebnou na vytažení stavidla.

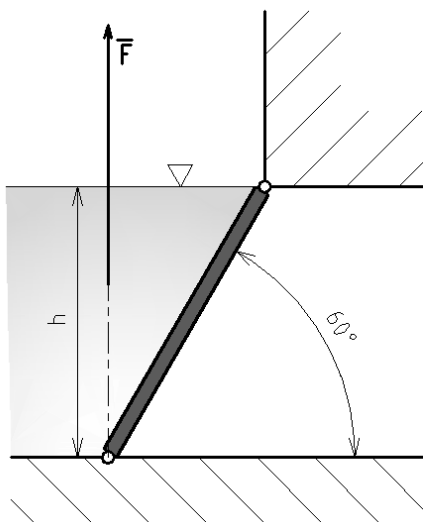


Třecí síla:

Celková síla na vytažení:

**Dáno:** Segmentová deska o šířce  $b = 880\text{ mm}$  se má zvednout pomocí řetězu. Hladina dosahuje výšky  $h = 1\,600\text{ mm}$ .

**Úkol:** Vypočítejte sílu  $F$  potřebnou k nadzvednutí desky.



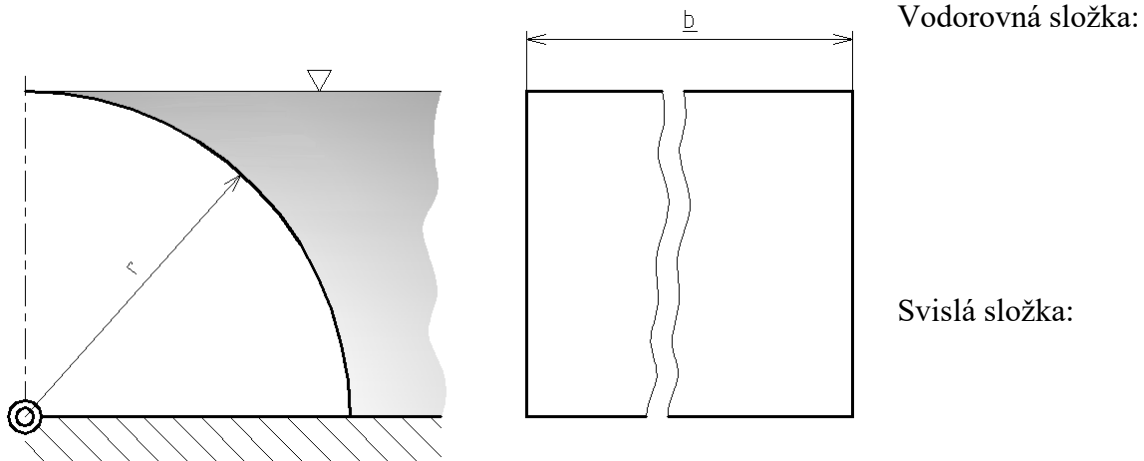
Rovnováha momentů síly  $F$  a tlakové síly na desku:

## 7. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

### TLAKOVÁ SÍLA 5

**Dáno:** Segmentový uzávěr jezu vodní elektrárny o šířce  $b = 2\,000$  mm a poloměru  $r = 800$  mm.

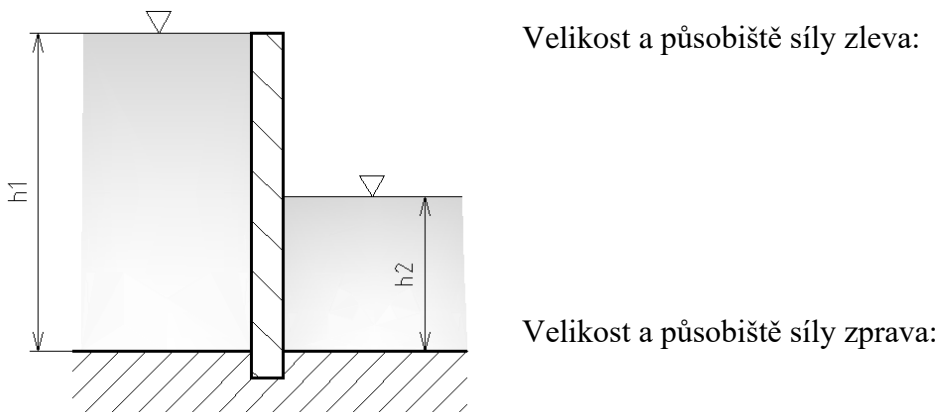
**Úkol:** Vypočítejte tlakovou sílu na uzávěr.



Výsledná síla:

**Dáno:** V zavodňovacím kanále se zadržuje voda stavidlem šířky  $b = 2$  m. Před stavidlem voda dosahuje do výše  $h_1 = 2,4$  m, za ním do výše  $h_2 = 1$  m.

**Úkol:** Pro pevnostní výpočet stavidla vypočítejte velikost a působišť výsledné tlakové síly.



Momentová věta pro výslednou sílu:



## 8. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

### VZTLAKOVÁ SÍLA 1

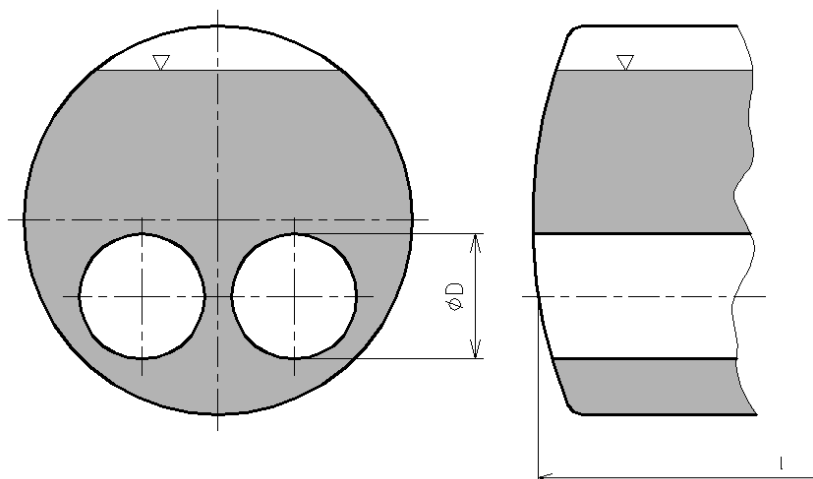
**Dáno:** Oběžné kolo Kaplanovy vodní turbíny ve velké vodní elektrárně má hmotnost  $m = 115$  t. Průměrná hustota materiálu je  $\rho = 7\,800$  kg.m<sup>-3</sup>.

**Úkol:** Vypočítejte vztlakovou sílu působící na oběžné kolo.



**Dáno:** Plamenec plamencového kotle má vnější průměr  $D = 900$  mm a tloušťku stěny  $t = 12$  mm. Jeho délka je  $l = 9,5$  m. Vně je obklopen vodou, uvnitř je topeniště. Hustota oceli plamence je  $\rho = 7\,850$  kg.m<sup>-3</sup>.

**Úkol:** Vypočítejte výslednou sílu  $F$  působící na plamenec.



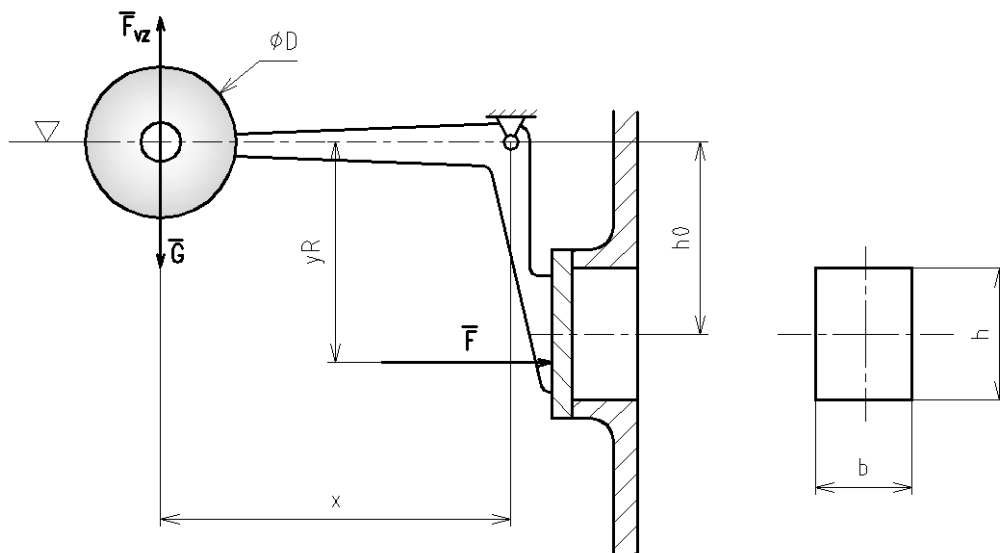
Výsledná síla je dána rozdílem vztlaku a vlastní tíhy plamence:

## 9. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

### VZTLAKOVÁ SÍLA 2

**Dáno:** Zásobník vody má obdélníkový otvor o rozměrech  $b \times h = 300 \times 400$  mm. Otvor je uzavřen klapkou na úhlové páce s plovákem, jehož hmotnost je 25,1 kg. Klapka se má otevřít tehdy, když hladina vody dostupí osy plováku. Hloubka  $h_0 = 250$  mm.

**Úkol:** Vypočítejte vztlak plováku, který má tvar válce o průměru  $D = 390$  mm a výšce  $H = 600$  mm, velikost a působíště tlakové síly na klapku a délku ramene  $x$ .



Vztlaková síla na plovák (Archimédův zákon):

Velikost tlakové síly na klapku:

Působíště tlakové síly:

$$y_R = y_T + \frac{J_{xT}}{S \cdot y_T}$$

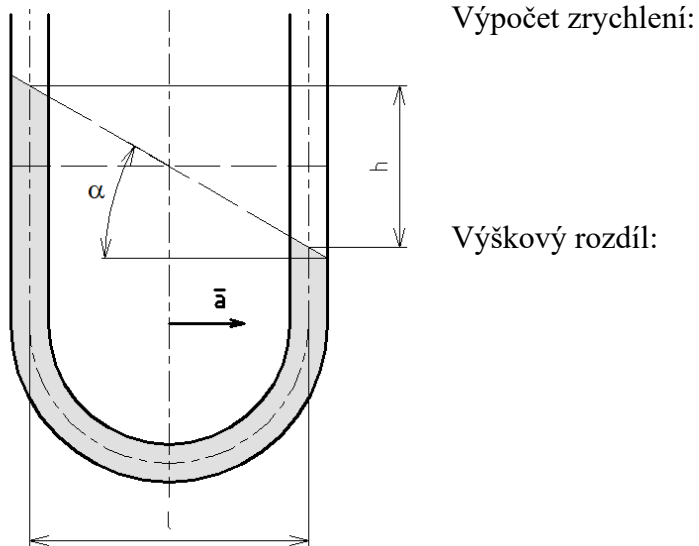
Rameno  $x$  (momentová věta):

## 10. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

### RELATIVNÍ ROVNOVÁHA KAPALINY V POHYBUJÍCÍ SE NÁDOBĚ 1

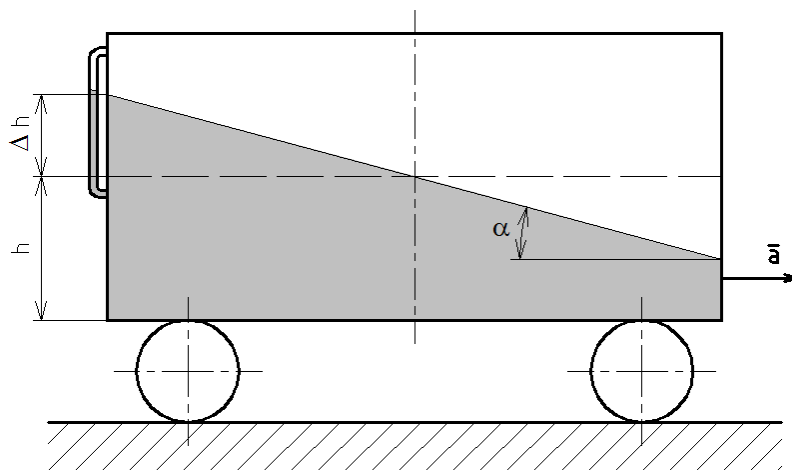
**Dáno:** Skleněnou U – trubicí se měří zrychlení automobilu. Trubice má svislá ramena o vzdálenosti  $l = 100 \text{ mm}$ . Automobil jel rychlostí  $30 \text{ km.h}^{-1}$  a za  $30 \text{ s}$  dosáhl rychlosti  $80 \text{ km.h}^{-1}$ .

**Úkol:** Vypočítejte zrychlení a výškový rozdíl v ramenech akcelerometru.



**Dáno:** Cisterna s kapalinou má délku  $l = 2,5 \text{ m}$ , výška hladiny kapaliny v klidu je  $h = 1 \text{ m}$ , zrychlení cisternového vozu je  $a = 1,5 \text{ m.s}^{-2}$ .

**Úkol:** Vypočítejte úhel sklonu hladiny a převýšení hladiny ve vodoznaku.



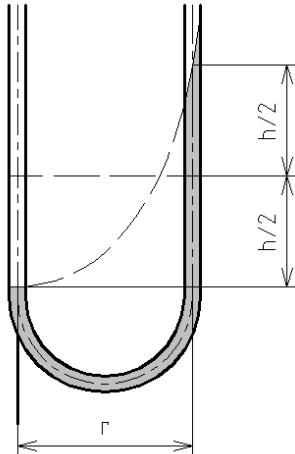
# 11. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

## RELATIVNÍ ROVNOVÁHA KAPALINY V POHYBUJÍCÍ SE NÁDOBĚ 2

**Dáno:** Trubice tvaru U se otáčí kolem svislé osy jednoho ramene a je naplněna vodou. Vzdálenost obou ramen je  $r = 160$  mm.

**Úkol:** Vypočítejte výškový rozdíl hladin, jsou-li otáčky trubice  $n = 150 \text{ min}^{-1}$ .

Úhlová a obvodová rychlost:

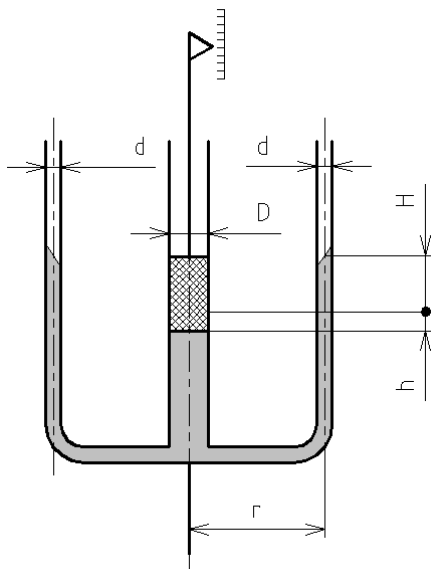


Rychlostní výška:

**Dáno:** Píst v prostřední trubici kapalinového otáčkoměru poklesne o  $h = 60$  mm vzhledem ke klidové hladině. Průměry trubic jsou v poměru  $D/d = 2$ , poloměr  $r = 100$  mm.

**Úkol:** Vypočítejte naměřené otáčky. Vyjděte z rovnosti objemů kapaliny, které se přemístily v trubcích.

Rychlostní výška:



Rovnost objemů, výpočet poměru  $H/h$ :

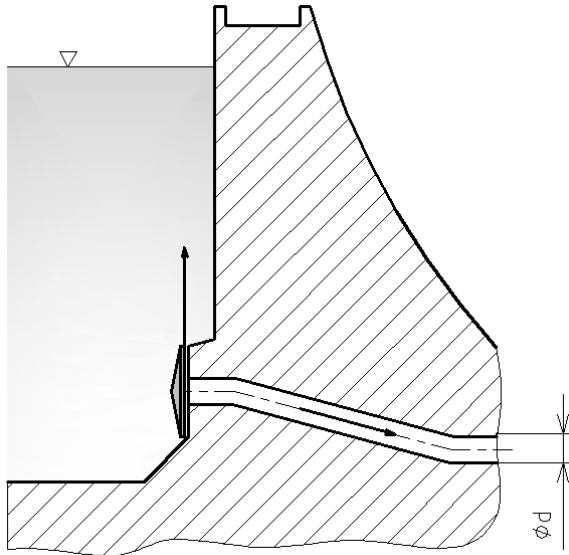
Rychlostní výška, obvodová rychlost a otáčky:

## 12. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

### PROUDĚNÍ IDEÁLNÍ KAPALINY 1

**Dáno:** Přivaděč vody k turbíně má průměr  $d = 4$  m. Rychlost vody je  $w = 10$  m.s<sup>-1</sup>.

**Úkol:** Vypočítejte hmotnostní průtok za 1 hodinu.



**Dáno:** Vstřikovací čerpadlo vznětového motoru má výkon  $P = 1\,400$  W a dodává naftu o hustotě  $\rho = 850$  kg.m<sup>-3</sup>. Průřezová rychlost v potrubí je  $w = 1,2$  m.s<sup>-1</sup>, měrná spotřeba nafty je  $m_g = 175$  kg.kW<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.

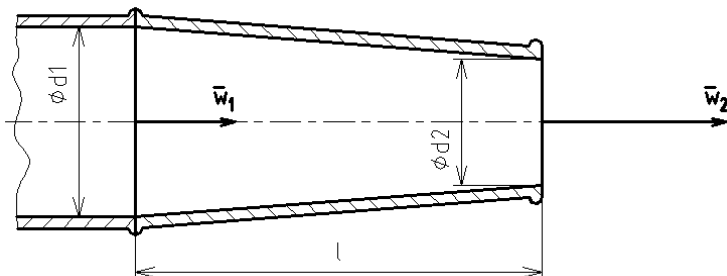
**Úkol:** Vypočítejte průměr potrubí pro přívod nafty.

Hmotnostní průtok:

Rychlost:

**Dáno:** Proudnic se kuželovitě zužuje z průměru  $d_1 = 52$  mm na průměr  $d_2 = 20$  mm v délce  $l = 400$  mm. Po připojení hadice proudnicí vyteče  $V = 5$  m<sup>3</sup> vody za čas  $t = 8$  min.

**Úkol:** Vypočítejte objemový průtok  $Q_V$ , vstupní a výstupní rychlost  $w_1$ ,  $w_2$  a rozdíl tlaků (přetlak)  $\Delta p$  v proudnici.



Objemový průtok:

Rychlosti (rovnice kontinuity):

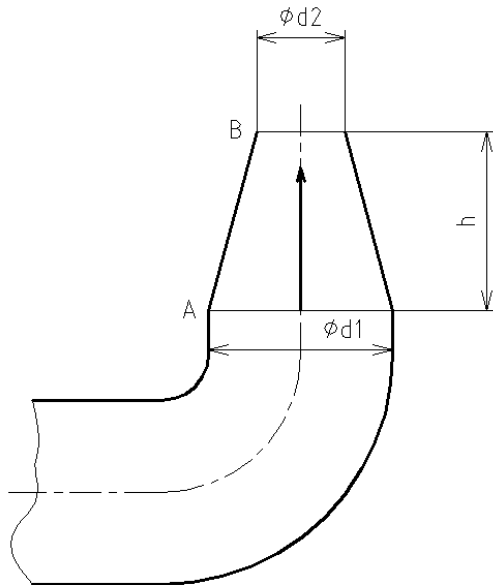
Bernoulliho rovnice, určení tlakového rozdílu:

### 13. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

#### PROUDĚNÍ IDEÁLNÍ KAPALINY 2

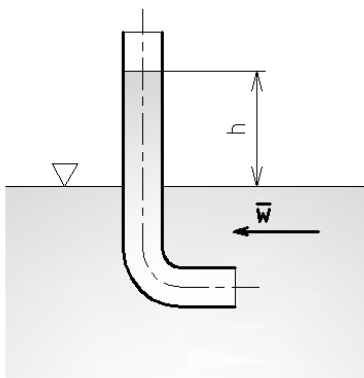
**Dáno:** Do zavlažovacího kanálu přitéká voda potrubím, jehož tvar je na obrázku. Dodávané množství je  $Q_V = 15 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Atmosférický tlak je  $p_a = 0,0984 \text{ MPa}$ , rozměry potrubí jsou  $h = 0,5 \text{ m}$ ,  $d_1 = 100 \text{ mm}$ ,  $d_2 = 80 \text{ mm}$ .

**Úkol:** Vypočítejte potřebný tlak  $p_A$  v místě A.



**Dáno:** Rychlost vody v kanálu můžeme měřit Pitotovou trubicí. V dané trubicí dostupí hladina výšky  $h = 10 \text{ cm}$ .

**Úkol:** Vypočítejte přibližnou rychlost vody v kanálu.

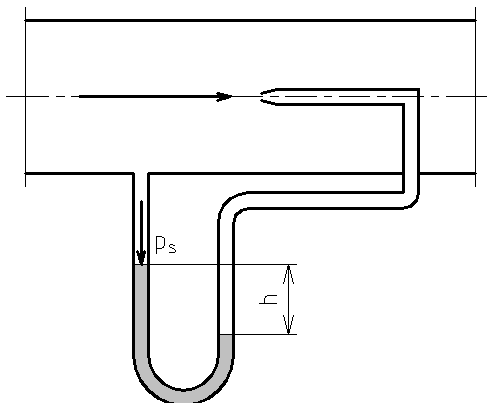


## 14. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

### PROUDĚNÍ IDEÁLNÍ KAPALINY 3

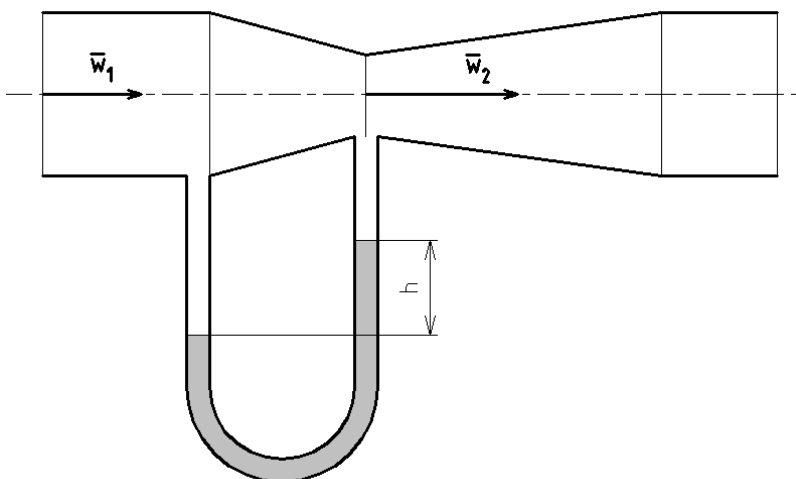
**Dáno:** Pitotova trubice pro měření rychlosti proudění, např. plynu.

**Úkol:** Vypočítejte, jaký tlak snímá sonda umístěná ve směru proudu, jestliže rameno trubice kolmé na proud snímá v dostatečné vzdálenosti statický tlak, dále Úkol, co vyjadřuje rozdíl hladin v tlakoměrné trubici, a odvoďte rovnici pro výpočet rychlosti proudění.



**Dáno:** K Venturiho trubici pro měření průtoku vody je připojena U trubice naplněná rtuťí. Průměry  $d_1 = 200$  mm,  $d_2 = 80$  mm,  $h = 25,4$  mm.

**Úkol:** Vypočítejte objemový průtok.



## 15. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

### HYDRAULICKÉ ZTRÁTY, BERNOULLIHO ROVNICE PRO SKUTEČNOU KAPALINU 1

**Dáno:** Potrubím o průměru  $d$  protéká množství kapaliny  $Q_V$ .

**Úkol:** Vypočítejte, o kolik procent stačí zvětšit průměr potrubí, aby se ztráta třením snížila na polovinu.

**Dáno:** Potrubím o průměru  $d = 200$  mm a délce  $l = 1\,250$  m se dopravuje nafta o hustotě  $\rho = 850$  kg.m<sup>-3</sup>.

**Úkol:** Vypočítejte tlakové ztráty v letním a zimním období, je-li střední rychlost proudění nafty v potrubí  $w = 0,76$  m.s<sup>-1</sup>. Viskozita nafty v létě je  $\nu_1 = 0,277$  cm<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>, v zimě  $\nu_2 = 1,09$  cm<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>.

**Dáno:** Přímé potrubí na užitkovou vodu má délku  $l = 1\,750$  m a průměr  $d = 65$  mm. Potrubí klesá pod úhlem  $\alpha = 2^\circ 10'$ . Voda protéká rychlostí  $w = 4,8$  km.h<sup>-1</sup>. Tlak na začátku je  $p_1 = 0,313$  MPa. Vnitřní povrch trubek je hladký, kinematická viskozita vody je  $\nu = 10^{-6}$  m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>.

**Úkol:** Vypočítejte průtok, ztrátovou výšku a tlak na konci potrubí. Nakreslete schéma.

Schéma potrubí:

Průtok:

Reynoldsovo číslo a ztrátový součinitel  $\lambda$ :

Ztrátová výška:

Bernoulliho rovnice, tlak  $p_2$ :

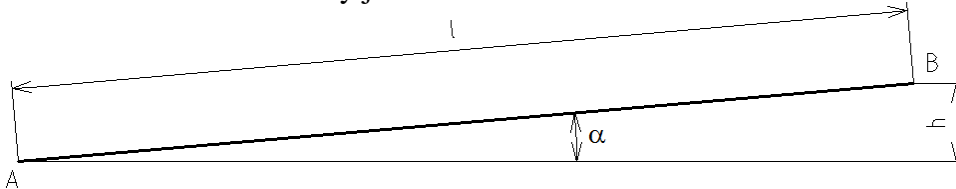


## 16. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

### HYDRAULICKÉ ZTRÁTY, BERNOULLIHO ROVNICE PRO SKUTEČNOU KAPALINU 2

**Dáno:** Potrubí, kterým protéká voda z místa A do místa B, má sklon  $\alpha = 0,5^\circ$ . Je dlouhé 560 m a má průměr  $d = 150$  mm. Potrubím protéká  $Q_V = 813$  l.min<sup>-1</sup> vody.

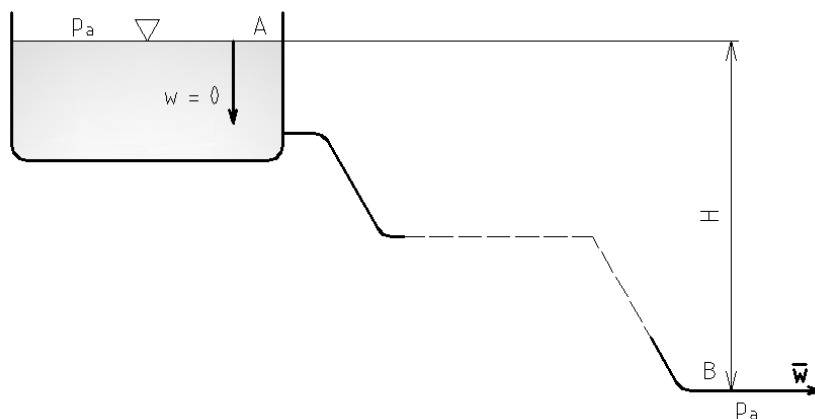
**Úkol:** Vypočítejte, jaký tlak musí být v místě A, má-li v místě B být tlak  $p_B = 0,225$  MPa. Kinematická viskozita vody je  $\nu = 10^{-6}$  m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>.



Bernoulliho rovnice mezi místy A-B:

**Dáno:** Vodovod přivádí vodu potrubím o průměru  $d = 300$  mm. Přímé úseky potrubí mají délku  $l = 5,4$  km. Přirozený spád je  $H = 48$  m. V potrubí je 12 tvarovek (kolena aj.) se součinitelem místních ztrát  $\xi_1 = 0,2$ . Odporový součinitel je  $\lambda = 0,03$ . V potrubí jsou dále 3 šoupátka ( $\xi_2 = 1,5$ ).

**Úkol:** Vypočítejte rychlost vody v potrubí a pro kolik obyvatel stačí vodovod, je-li průměrná spotřeba na 1 obyvatele 100 litrů za den.



Výpočet rychlosti  
z Bernoulliho rovnice:

Průtok:

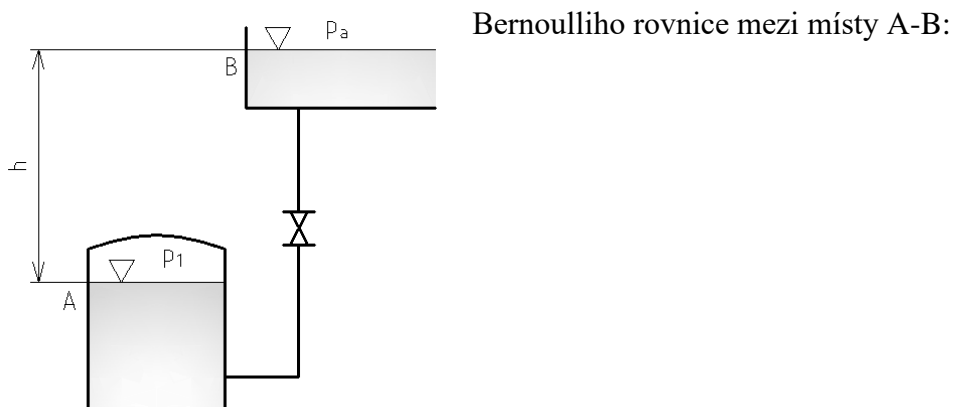
Počet obyvatel:

## 17. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

### HYDRAULICKÉ ZTRÁTY, BERNOULLIHO ROVNICE PRO SKUTEČNOU KAPALINU 3

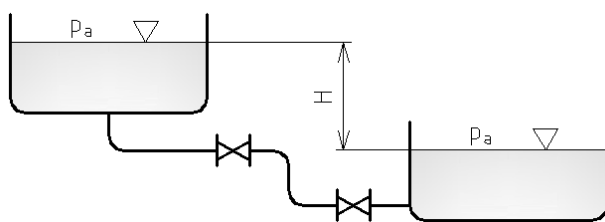
**Dáno:** Z nádrže A je vytlačována voda do nádrže svislým potrubím o průměru  $d = 50$  mm a délce  $l = 3$  m. Rozdíl hladin  $h = 3,5$  m. V potrubí je kohout ( $\xi_1 = 3,6$ ), ztrátový součinitel  $\lambda = 0,0391$ , odporový součinitel vtoku do potrubí je  $\xi_2 = 0,5$ , odporový součinitel vtoku do nádrže B je  $\xi_3 = 1$ , odporový součinitel náhlé změny směru je  $\xi_4 = 1,1$ . Atmosférický tlak je  $p_a = 0,1$  MPa.

**Úkol:** Vypočítejte velikost absolutního tlaku  $p$  v nádrži A, který zajistí průtok  $Q_V = 6$  l.s<sup>-1</sup> do horní nádrže.



**Dáno:** Dvě nádrže jsou spojené potrubím o průměru  $d = 70$  mm a celkové délce  $l = 40$  m. Součinitele místních ztrát mají tyto hodnoty: při výtoku  $\xi_1 = 0,5$ , u kolen  $\xi_2 = 0,25$ , u ventilů  $\xi_3 = 3$ ,  $\xi_4 = 4$ , při vtoku  $\xi_5 = 1$ .

**Úkol:** Vypočítejte potřebný rozdíl hladin  $H$ , aby potrubím protékalo množství vody  $Q_V = 17,7$  m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>. Rychlosti na hladinách zanedbejte, uvažujte hladké potrubí.



Určení druhu proudění a ztrátového součinitele:

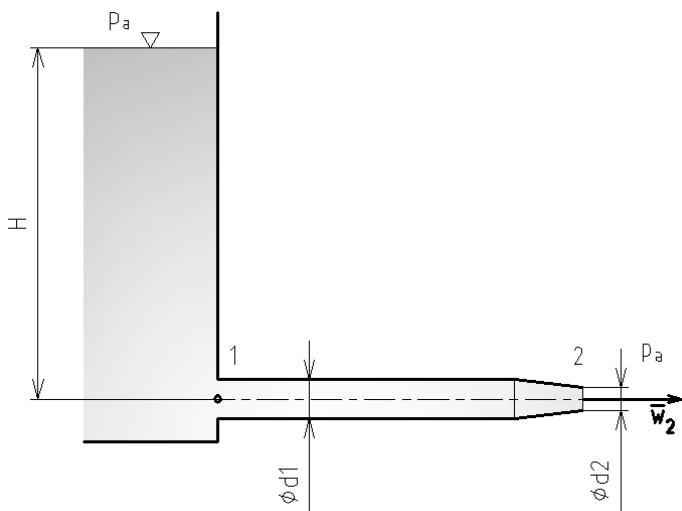
Bernoulliho rovnice:

## 18. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

### VÝTOK KAPALINY OTVORY 1

**Dáno:** Ideální kapalina o hustotě vody vytéká potrubím připojeným k nádobě, na konci potrubí je konfuzor (zúžená tryska). Hladina je v konstantní výšce.

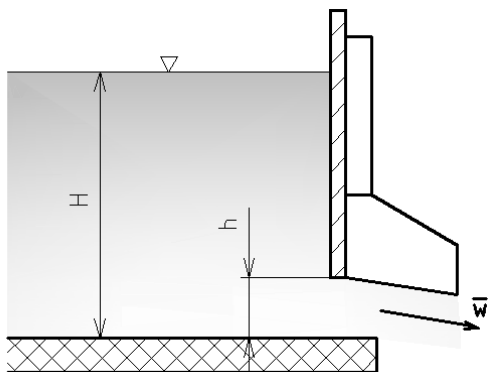
**Úkol:** Vypočítejte spád  $H$  potřebný k tomu, aby kapalina vytékala rychlostí  $w = 6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , a tlakový rozdíl  $p_1 - p_2$  v potrubí, je-li  $d_1 = 0,1 \text{ m}$  a  $d_2 = 0,08 \text{ m}$ .



Bernoulliho rovnice mezi místem 2 a hladinou:

**Dáno:** Na obrázku je znázorněn náhon vodního kola. Průřez výtokového otvoru má tvar obdélníka o výšce  $h = 8 \text{ cm}$  a šířce  $b = 1,3 \text{ m}$ . Konstantní výška hladiny je  $H = 70 \text{ cm}$ . Výtokový součinitel je  $\mu = 0,67$ .

**Úkol:** Vypočítejte skutečný průtok.

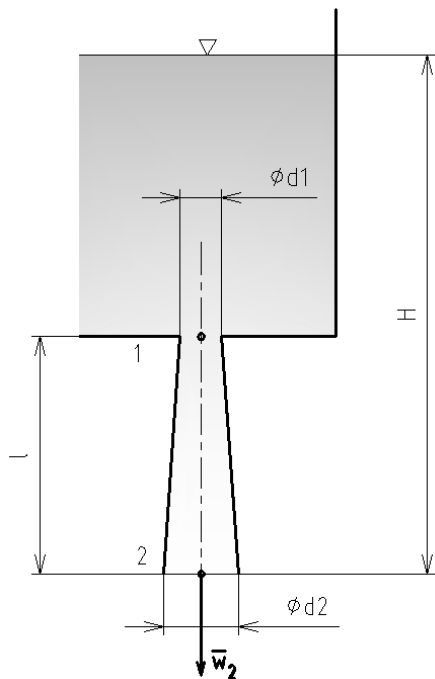


## 19. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

### VÝTOK KAPALINY OTVORY 2

**Dáno:** Z nádoby s volnou hladinou vytéká voda svislým divergentním potrubím<sup>1</sup>. Hladina je v konstantní výšce  $H = 2$  m. Délka potrubí je  $l = 1$  m. Průměry  $d_1 = 25$  mm,  $d_2 = 35$  mm.

**Úkol:** Vypočítejte skutečný průtok při hodnotě  $\mu = 0,94$  a tlak (ztráty neuvažujte)  $p_1$  v místě 1. Dále rozhodněte, zda je v místě 1 přetlak či podtlak ( $p_a = 0,1$  MPa).

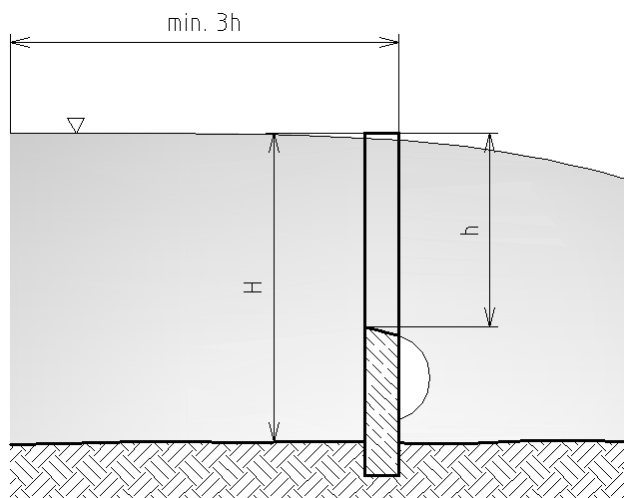


Bernoulliho rovnice mezi místem 2 a hladinou:

Bernoulliho rovnice mezi místy 1 a 2:

**Dáno:** Množství protékající vody je stanovováno přepadem. Přepadová deska má obdélníkový otvor o rozměrech  $h = 18$  cm a  $b$  (šířka) = 40 cm. Výška hladiny je  $H = 70$  cm. Výtokový součinitel je  $\mu = 0,63$ .

**Úkol:** Vypočítejte skutečný průtok.



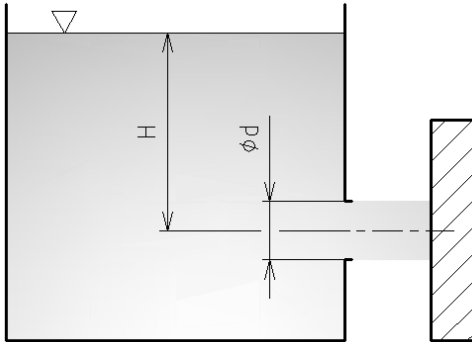
<sup>1</sup> Z praktického hlediska se jedná např. o sací troubu u přetlakové turbíny. Ta umožňuje zvětšit využitý spád.

## 20. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

### DYNAMICKE ÚČINKY PROUDU KAPALINY 1

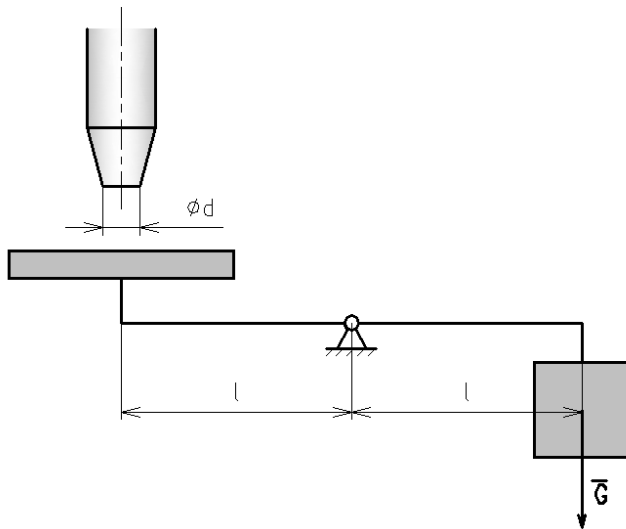
**Dáno:** Proud vody vytéká z nádoby otvorem o průměru  $d = 35$  mm, jehož střed je v hloubce  $H = 12,6$  m. Rychlostní součinitel je  $\varphi = 0,97$ , výtokový součinitel  $\mu = 0,64$ .

**Úkol:** Vypočítejte sílu, jakou proud působí na pevnou velkou desku.



**Dáno:** Na desku o hmotnosti  $m_1 = 6$  kg působí proud vody, který vytéká z trysky o průměru  $d = 95$  mm rychlostí  $c = 5,62$  m.s<sup>-1</sup>.

**Úkol:** Vypočítejte tíhu  $G$  a hmotnost závaží, které má desku udržet ve vodorovné poloze. Tíhu kapaliny a ztráty neuvažujte.



**Dáno:** Proud vody vytékající z dýzy o průměru  $d = 35$  mm absolutní rychlostí  $c_1 = 25,2$  m.s<sup>-1</sup> působí na velkou desku postavenou kolmo na směr proudu, která ustupuje rychlostí  $u = 11,4$  m.s<sup>-1</sup>.

**Úkol:** Vypočítejte sílu proudu na desku a výkon desky.

## 21. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

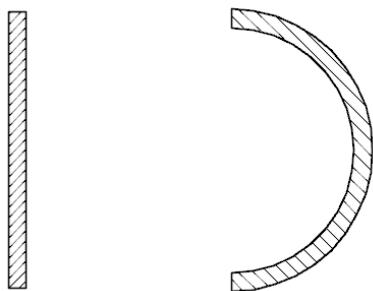
### DYNAMICKE ÚČINKY PROUDU KAPALINY 2

**Dáno:** Z přítokového otvoru vytéká  $Q_V = 42 \text{ l.s}^{-1}$  vody, která působí na rovinné lopatky oběžného kola silou  $F = 810 \text{ N}$ . Obvodová rychlost kola je  $u = 9,1 \text{ m.s}^{-1}$ .

**Úkol:** Vypočítejte absolutní rychlost  $c_1$  a výkon kola  $P$ .

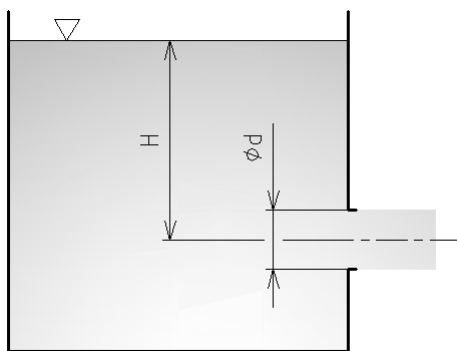
**Dáno:** Jeden vodní motor má oběžné kolo, jehož lopatky tvoří rovinná deska, druhý má lopatky zakřivené a dochází k úplnému obrácení proudu.

**Úkol:** Porovnejte teoretickou účinnost obou motorů. (*Pomůcka: příkon vypočtete jako energii, kterou voda přináší na oběžné kolo, za jednotku času*).



**Dáno:** V nádobě je v hloubce  $h = 1\ 100 \text{ mm}$  kruhový otvor o průměru  $d = 31 \text{ mm}$ .

**Úkol:** Vypočítejte reaktivní sílu, kterou proud působí na nepohyblivou nádobu.



**Dáno:** U nádoby z minulého příkladu uzavřeme otvor.

**Úkol:** Porovnejte sílu způsobenou tlakem vody s reaktivní silou vytékající kapaliny.

## 22. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

### POHYB KAPALINY V TURBÍNÁCH A HYDRODYNAMICKÝCH ČERPADLECH 1

**Dáno:** Vodní turbínou o výkonu  $P = 25$  MW protéká  $Q_V = 19,3$  m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> vody.

**Úkol:** Vypočítejte spád  $H$ , je-li účinnost turbíny 83 %.

**Dáno:** Vodní turbína o výkonu  $P = 30$  MW pracuje na spádu  $H = 150$  m s průtokem  $Q_V = 22,2$  m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.

**Úkol:** Vypočítejte účinnost.

**Dáno:** Napájecí čerpadlo má dopravovat  $Q_V = 3,18$  l.s<sup>-1</sup> (litrů za sekundu) vody do kotle, v němž je přetlak 0,25 MPa. Rozdíl výšek mezi čerpadlem a hladinou vody v kotli je  $h = 12$  m. Ztrátová výška (ztráty v přímém potrubí a místní ztráty) je 3 m. Účinnost čerpadla je odhadnuta na 68 %.

**Úkol:** Vypočítejte energii, potřebnou pro vyčerpání 1 kg vody, a příkon čerpadla.

## 23. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

### POHYB KAPALINY V TURBÍNÁCH A HYDRODYNAMICKÝCH ČERPADLECH 2

**Dáno:** Odstředivé čerpadlo dopravuje  $Q_V = 0,022 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  vody do výšky  $h = 36 \text{ m}$ . Voda se dopravuje potrubím o průměru  $d = 250 \text{ mm}$  a celkové délce  $l = 55 \text{ m}$  do nádrže, ve které je přetlak  $1,3 \text{ MPa}$  (atmosférický tlak je  $0,1 \text{ MPa}$ ). V potrubí jsou 3 kolena (součinitel místních ztrát  $\xi_k = 0,25$ ), ventil ( $\xi_v = 4$ ) a vtok do nádrže ( $\xi_1 = 1$ ). Účinnost čerpadla je  $71 \%$ , kinematická viskozita vody je  $10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ .

**Úkol:** Vypočítejte dopravní (manometrickou) výšku a příkon čerpadla.

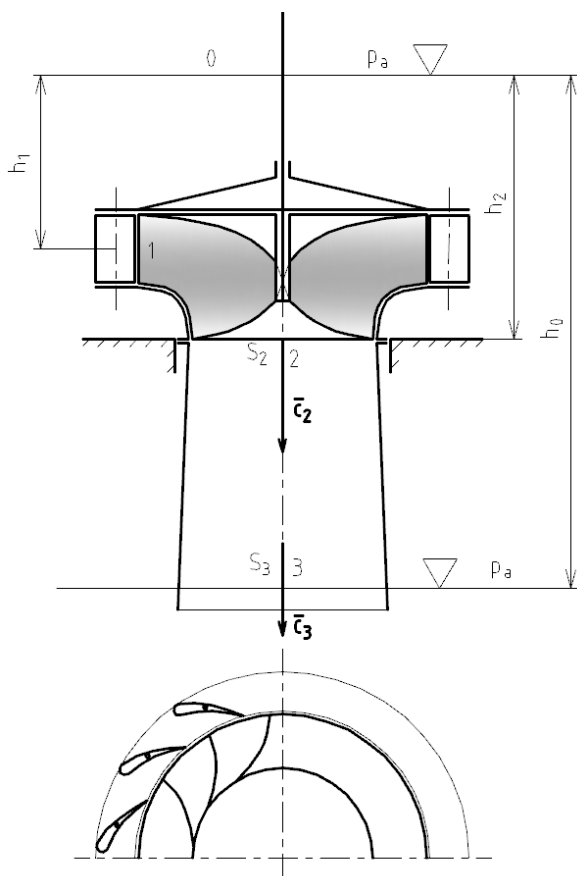


## 24. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

### POHYB KAPALINY V TURBÍNÁCH A HYDRODYNAMICKÝCH ČERPADLECH 3

**Dáno:** Na obrázku je znázorněna kašnová Francisova turbína. Z turbíny je odebírána měrná energie  $Y = 18,64 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Atmosférický tlak je  $p_a = 0,1033 \text{ MPa}$ . Ostatní hodnoty:  $h_0 = 2,5 \text{ m}$ ;  $h_1 = 1,5 \text{ m}$ ;  $h_2 = 1,7 \text{ m}$ ; ztrátová výška v oběžném kole  $h_z = 0,485 \text{ m}$ .  $S_1 = 0,033 \text{ m}^2$  (průřez rozváděcích kanálů);  $S_2 = 0,070 \text{ m}^2$ ;  $S_3 = 0,105 \text{ m}^2$ .

**Úkol:** Vypočítejte výstupní rychlost  $c_3$  ze sací trouby, rychlosti a tlaky v průřezech 2 a 1, množství vody (průtok) a teoretický výkon turbíny. Ztráty neuvažujte.



Bernoulliho rovnice 0 – 3 a rychlost  $c_3$ :

Rovnice kontinuity 2 – 3 a rychlost  $c_2$ :

Bernoulliho rovnice 2 – 3 a tlak  $p_2$ :

Rovnice kontinuity 1 – 2 a rychlost  $c_1$ :

Bernoulliho rovnice 2 – 1 nebo 0 – 1 a tlak  $p_1$ :

Průtok:

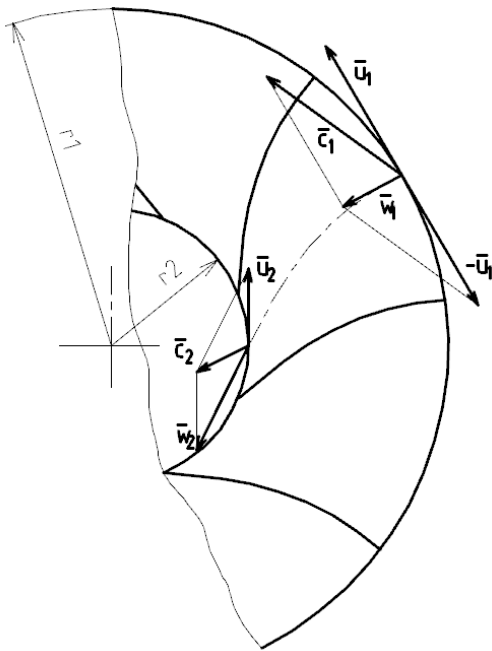
Výkon:

## 25. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

### POHYB KAPALINY V TURBÍNÁCH A HYDRODYNAMICKÝCH ČERPADLECH 4

**Dáno:** Francisova turbína pracuje s otáčkami  $n = 750 \text{ min}^{-1}$ . Voda vstupuje do oběžného kola na poloměru  $r_1 = 1,1 \text{ m}$  a vystupuje na poloměru  $r_2 = 0,5 \text{ m}$ . Spád je  $H = 480 \text{ m}$ , průtok  $Q_V = 5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , přetlak v oběžném kole je  $2\,304 \text{ kPa}$ . Za oběžným kolem předpokládejte atmosférický tlak ( $0,1 \text{ MPa}$ ), výšku oběžného kola nad spodní hladinou neuvažujte.

**Úkol:** Vypočítejte točivý moment a výkon turbíny a úhel nastavení rozváděcích lopatek  $\alpha_1$ . Předpokládejte rychlostní součinitel  $\varphi = 0,8$ , účinnost  $98 \%$  a úhel  $\alpha_2 = 90^\circ$  (voda opouští kolo radiálně).



Skutečná výtoková rychlost  $c_1$ :

Příkon a výkon:

Moment turbíny:

$\cos \alpha_1$ :

$\alpha_1$ :