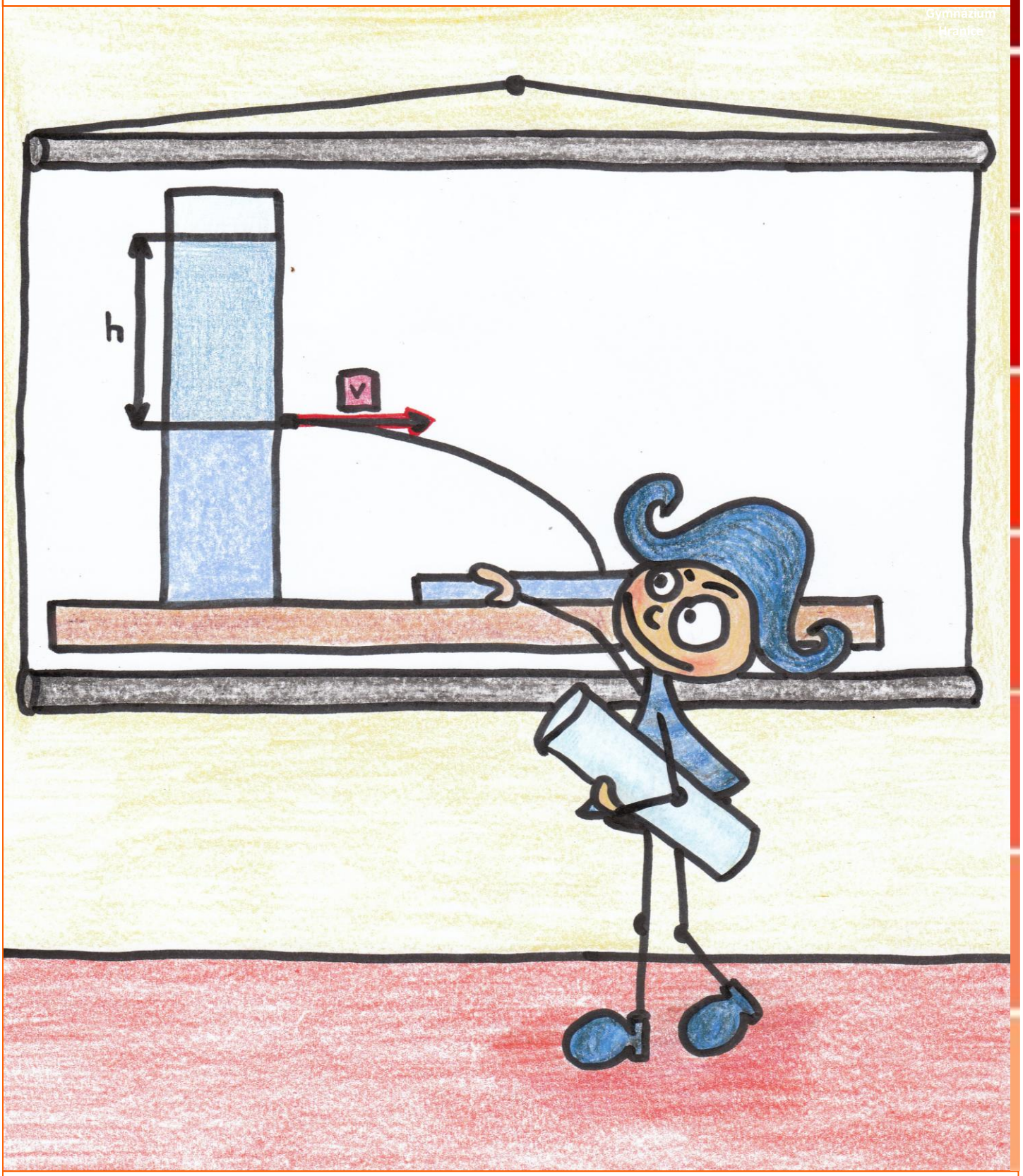
# Laboratorní práce č. 1:
# Určení výtokové rychlosti kapaliny




evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# Test k laboratorní práci č. 1: Určení výtokové rychlosti kapaliny

## Varianta A:

**1.** Rovnice spojitosti je zvláštním příkladem zákona zachování:

**A.** energie **B.** mechanické energie

**C.** hmotnosti **D.** setrvačné hmotnosti

**2.** Průřezem válcové trubice o obsahu $S_1$, poloměru $r_1$, průměru $d_1$, teče kapalina rychlostí o velikosti $v_1$. Průřezem válcové trubice o obsahu $S_2$, poloměru $r_2$, průměru $d_2$, teče kapalina rychlostí o velikosti $v_2$. Která tvrzení jsou správná?

a) $S_1\rho v_1 = S_2\rho v_2$ b) $\frac{S_1}{S_2} = \frac{v_1}{v_2}$ c) $r_1^2 v_1 = r_2^2 v_2$ d) $\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 = \frac{v_1}{v_2}$

**A.** a,c **B.** c,d **C.** a,c,d **D.** a,b,c

**3.** Potrubím s průřezem o obsahu 20 $cm^2$ proteče za minutu 1 hl vody.

Objemový průtok vody má hodnotu:

**A.** 1 hl **B.** 0,1 $m^3$ **C.** $1{,}7.10^{-2}\ m^3.s^{-1}$ **D.** 0,2 $m^3$

**4.** Potrubím s průřezem o obsahu 20 $cm^2$ proteče za minutu 1 hl vody.

Rychlost vody má hodnotu:

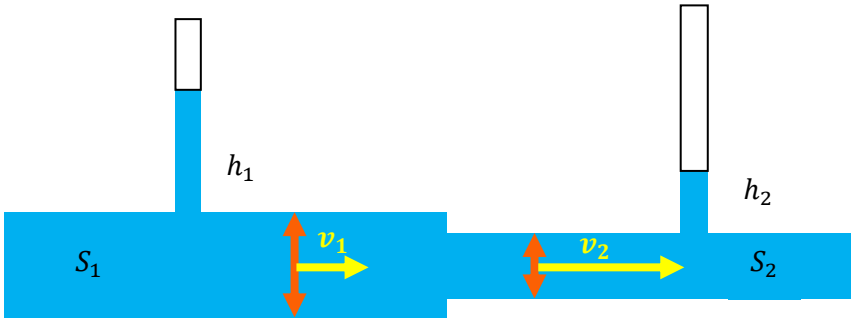
**A.** 0,83 $m.s^{-1}$ **B.** 49,8 $m.s^{-1}$ **C.** 0,05 $m.s^{-1}$ **D.** 8,33 $m.s^{-1}$

# Test k laboratorní práci č. 1: Určení výtokové rychlosti kapaliny

## Varianta B:

**1.**

Voda proudí v redukovaném potrubí podle obrázku tak, že $v_2 = 2.v_1$




Pro průřezy potrubí platí vztahy:

a) $S_1 = \frac{4}{2}.S_2$ b) $S_1 = \frac{1}{2}.S_2$ c) $S_1 = 2.S_2$ d) $S_1 = S_2 + S_2$

**A.** a,c **B.** b,c,d **C.** a,c,d **D.** a,d

**2.**

Pro rozdíly hladin v manometrických trubicích, z obrázku nahoře , tj. $\Delta h = h_1 - h_2$ platí:

**A.** $\Delta h = \frac{v_1^2}{2g}$ **B.** $\Delta h = \frac{3v_1^2}{2g}$ **C.** $\Delta h = \frac{4v_1^2}{2g}$ **D.** $\Delta h = \frac{3v_1^2}{2}$

**3.**

Pro rozdíly tlaků v manometrických trubicích, z obrázku nahoře, tj. $\Delta p = p_1 - p_2$ platí:

**A.** $\Delta p = \frac{1}{2}\rho v_2^2$ **B.** $\Delta p = \frac{1}{4}\rho v_2^2$ **C.** $\Delta p = \frac{3}{2}\rho v_2^2$ **D.** $\Delta p = \frac{3}{8}\rho v_2^2$

**4.**

Voda protéká potrubím o obsahu průřezu 0,8 $m^2$ rychlostí 4 $m.s^{-1}$.Jakou kinetickou energii má proudící voda o objemu 1 $m^3$?

Pro rychlost kapaliny vytékající otvory platí tvrzení:

**A.** 8 kJ **B.** 4kJ **C.** 2 kJ **D.** 16 kJ

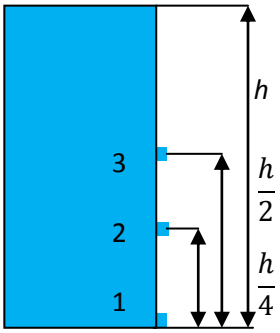
# Test k laboratorní práci č. 1: Určení výtokové rychlosti kapaliny

## Varianta C:

**1.**

V nádobě, která je až po okraj naplněná vodou, jsou tři otvory:

Pro rychlost kapaliny vytékající otvory platí tvrzení:




a) $v_1 = \sqrt{2gh}$ b) $v_2 = \frac{3}{4}\sqrt{2gh}$

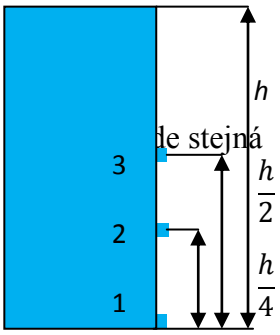
c) $v_3 = \frac{1}{2}\sqrt{2gh}$ d) $v_3 = \sqrt{gh}$

**A.** a,b,c **B.** a

**C.** a,c **D.** a,d

**2.**

Největší rychlostí bude vytékat kapalina z otvoru:




**A**. třetího **B**. prvního

**C**. druhého **D**. rychlost výtoku je všude stejná

**3.**

Je-ji nádoba s otvory umístěna ve výšce H nad podložkou, pak pro čas, kdy dopadne kapalina, vytékající otvory 1,2,3 , na podložku, platí:

a) $t_1 = \sqrt{2Hg}$ b) $t_2 = \sqrt{2Hg} + \frac{h}{4v_2}$ c) $t_3 = \sqrt{2Hg + gh}$ d) $t_3 = \sqrt{2Hg + g\frac{h}{2}}$

**A.** a,b **B.** a,c **C.** a,d **D.** a,b,c

**4.**

Bernoulliho rovnice je zvláštním případem zákona zachování

**A.** hmotnosti **B.** hybnosti **C.** rychlosti **D.** mechanické energie

# Test k laboratorní práci č. 1: Určení výtokové rychlosti kapaliny

## Varianta D:

**1.**

Koncovka zahradní hadice má čtřikrát menší poloměr, než je poloměr hadice. Kolikrát se zvýší rychlost proudící kapaliny ve vztahu k původní rychlosti v hadici?

**A**. čtyřikrát **B**. dvakrát **C**. osmkrát **D**. šestnáctkrát

**2.**

Veličina **p** v Bernoulliho rovnici vyjadřuje:

**A**. tlak **B**. potenciální energii **C**. tíhovou energii **D**. potenciální energii objemové jednotky kapaliny.

**3.**

Voda protéká potrubím o obsahu průřezu 0,8 $m^2$ rychlostí 4 $m.s^{-1}$. Jaký objem proteče potrubím za 2s?

**A**. 6,4 $m^3$ **B**. 3,2 $m^3$ **C**. 12,8 $m^3$ **D**. 1,6 $m^3$

**4.**

Voda vytéká z otvoru, který je 20 m pod její volnou hladinou. Určete její výtokovou rychlost:

**A**. 40 $m.s^{-1}$ **B**. 400 $m.s^{-1}$ **C**. 20 $m.s^{-1}$ **D**. 10 $m.s^{-1}$

**VÝSLEDKY:**

# Laboratorní práce č. 1: Určení výtokové rychlosti kapaliny

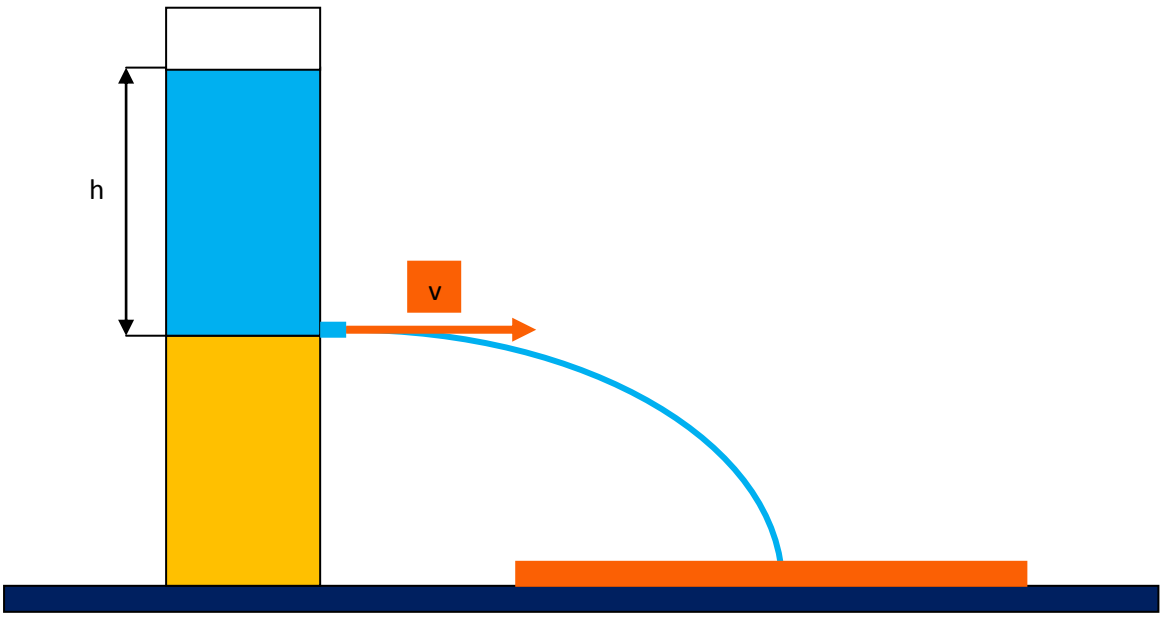
Téměř každou fyzikální veličinu můžeme měřit více metodami. Výsledek se bude určitě ve všech případech trošku lišit. Na nás potom je určit tu nejvhodnější metodu a snažit se eliminovat všechny chyby, kterých jsme se mohli během měření dopustit.
Výtokovou rychlost kapaliny budeme měřit třemi metodami. Na všechny metody budeme potřebovat tyto pomůcky:

**Pomůcky:**

Nádoba s otvorem (nádoba tvaru válce s podstavou o plošném obsahu $S_1$. Ve spodní části nádoby je vodorovně umístěna trubička, jejíž průřez má plošný obsah $S_2$ mnohem menší než $S_1$), fotografická miska, stopky, posuvné měřítko s noniem, podstavec pod nádobu s vodou, voda, metr.

## 1. Určení výtokové rychlosti kapaliny z Bernoulliho rovnice

**Teorie:**



**Postup:**

Při tomto způsobu měření nemusíme dělat nic! ☺ Stačí si stanovit, do jaké výšky budeme nádobu plnit. Ale protože jsme šikovní, provedeme všechna měření najednou. Než se ale do toho „ pustíme“, sami si stanovíme, do jaké výšky je výhodné nádobu plnit ( záleží na použitých pomůckách)

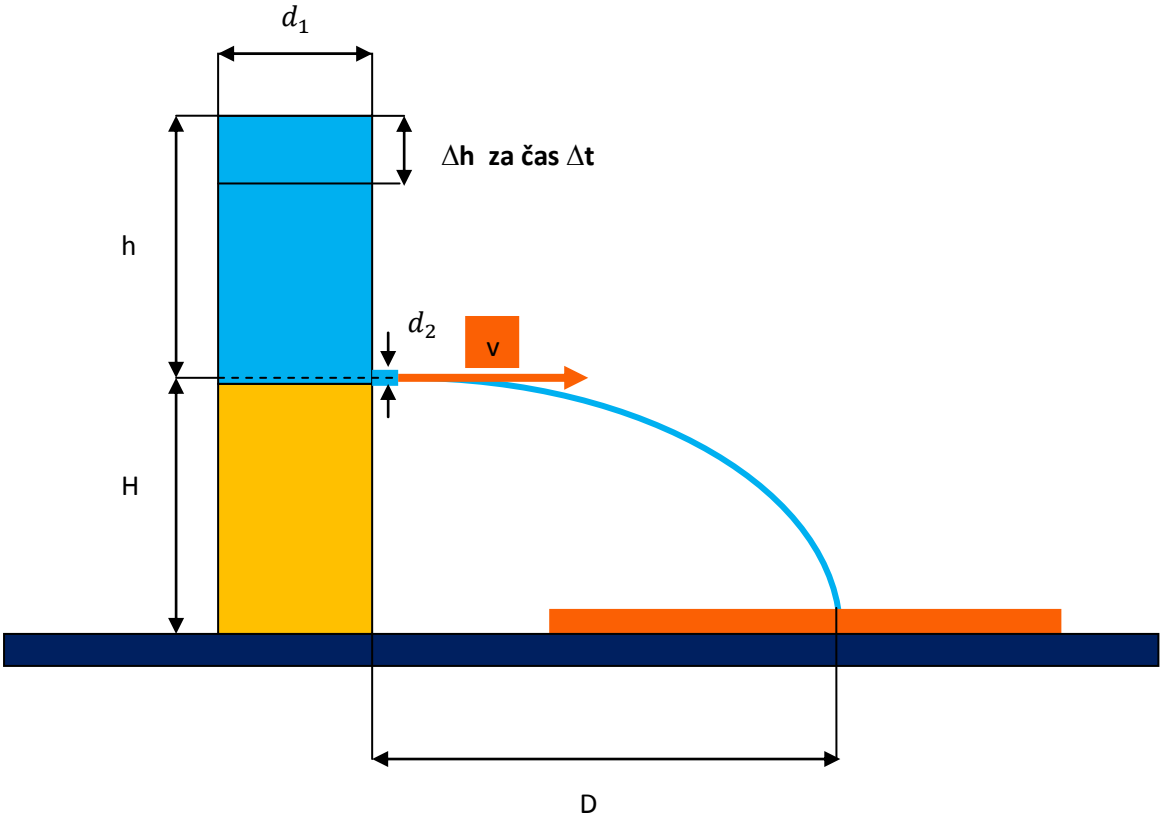
Výtokovou rychlost určíme z tzv. **Torriceliho vzorce:** $v = \sqrt{2gh}$

Za **g** dosadíme **9,8 ms$^{-2}$**

Za **h** volíme např. hodnoty 40cm, 35cm, 20cm a vypočítáme odpovídající výtokové rychlosti kapaliny. Ty pak dosadíme do společné tabulky pro všechny tři způsoby měření.

## 2. Určení výtokové rychlosti kapaliny z rovnice spojitosti ( kontinuity)

**Teorie:**




**Postup:**

Z rovnice spojitosti platí: $S_1v_1 = S_2v_2$ *

nádoba i otvor mají kruhový průřez, pro výpočet platí: $S = \pi r^2 = \pi\frac{d^2}{4}$

$\Longrightarrow$ * bude mít tvar: $\pi\frac{d1^2}{4}\,v_1 = \pi\frac{d2^2}{4}\,v_2 \;\Longrightarrow\; d_1^2\,v_1 = d_2^2 v_2$

$\Longrightarrow v_2 = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 v_1$ ** $v_1$ je rychlost, s jakou voda klesá při vytékání kapaliny otvorem u dna nádoby,

$d_1$ je vnitřní průměr „velké“ nádoby,

$d_2$ je vnitřní průměr otvoru ve stěně nádoby.

**Jak zjistíme $v_1$:**

Vodu necháme vytékat otvorem např. 5s (opět je potřeba to vyzkoušet; s tím si musíme „poradit“). Změříme, o kolik klesla hladina vody za námi stanovený čas; tzn Δh. Pro různé velikosti h budeme volit různé časové intervaly Δt. Kratší nebo delší? To už je opět na vás!!!

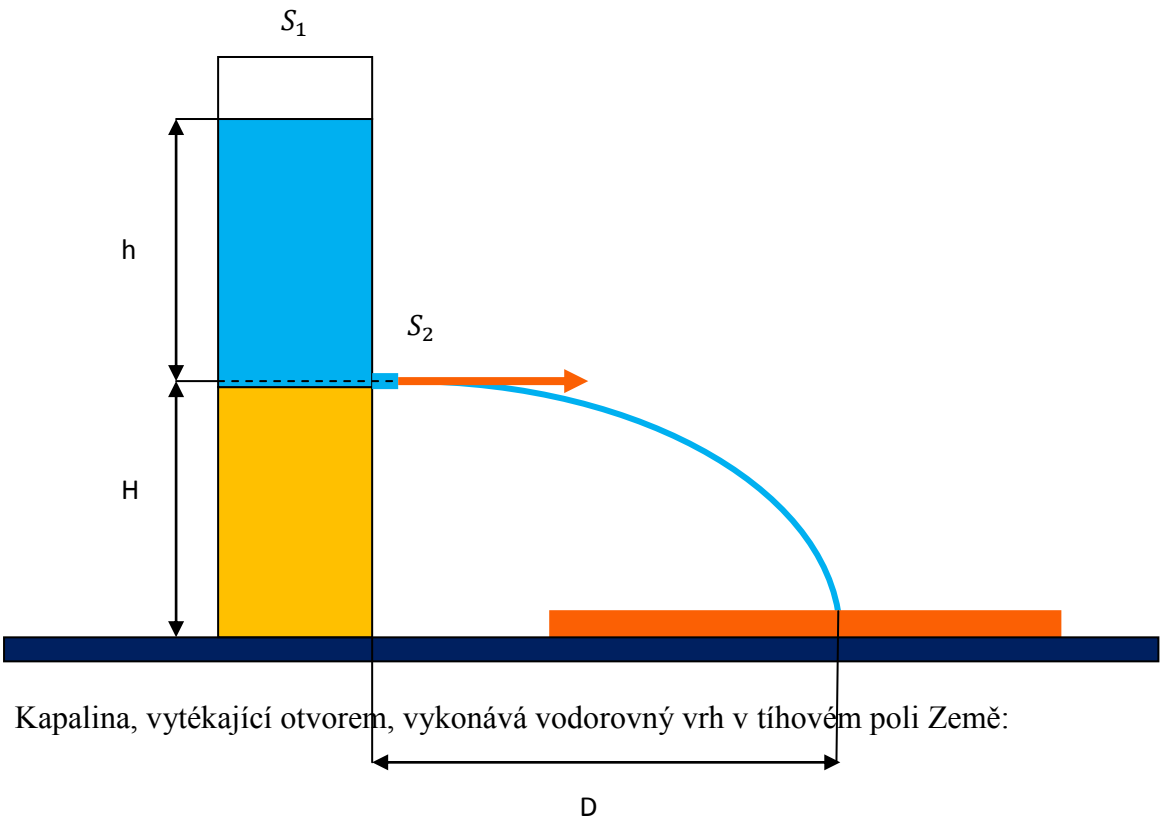
$\Longrightarrow$ máme stanoveno Δt, změřeno Δh $\Longrightarrow v_1 = \frac{\Delta h}{\Delta t}$

$\Longrightarrow$ ** má nyní tvar $v_2 = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 \frac{\Delta h}{\Delta t}$ ; je zbytečné indexovat rychlost

$\Longrightarrow$ $\boxed{v = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 \frac{\Delta h}{\Delta t}}$

## 3. Určení výtokové rychlosti kapaliny z teorie vodorovného vrhu

**Teorie:**




Kapalina, vytékající otvorem, vykonává vodorovný vrh v tíhovém poli Země:

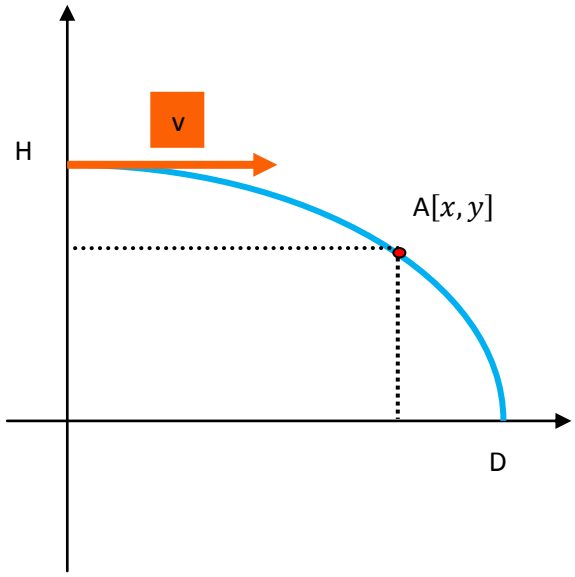
**Základní rovnice:**

Jednotlivé body trajektorie vodorovného vrhu jsou popsány souřadnicemi: A$[x, y]$

x = vt, y = H- $\frac{1}{2}gt^2$

D$[D, 0]$ $\Longrightarrow H - \frac{1}{2}gt^2 = 0 \Longrightarrow t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$

D = v.t $\Longrightarrow$ v = $\frac{D}{t} = \frac{D}{\sqrt{\frac{2H}{g}}} \Longrightarrow v = D.\sqrt{\frac{g}{2H}}$




Výška **H** je výška podstavné nádoby a je během měření pořád stejná. Stačí vždy pouze zjistit, kam dopadl vodní paprsek po uvolnění malého výtokového otvoru s plochou $\mathbf{S_2}$.

Pokud bychom použili ZZE: mgH $= \frac{1}{2}mv^2$, pak vidíme, že opět vychází v = $\sqrt{2gh}$

Postupujeme tak, abychom při každém měření změřili všechny veličiny potřebné k výpočtu velikosti výtokové rychlosti pomocí všech tří metod.

**Co budeme tedy měřit současně?**

1) výšku **h** vody v nádobě s otvorem
1) stopkami čas Δ**t**, po kterou bude voda z otvoru vytékat
2) metrem pokles vodní hladiny Δ**h**
3) délku vrhu **D** (tzn. kam mi kapalina dostříkne nejdále, když uvolním otvor)

**Před vlastním experimentem si v klidu změříme :**

1) výšku **H** středu výtokového otvoru nad „ podstavou“v cm
2) vnitřní průměr velké nádoby s vodou $\mathbf{d_1}$ v cm
3) vnitřní průměr výtokového otvoru $\mathbf{d_2}$ v mm

**Tabulka:**

| | $v = \sqrt{2gh}$ | | $v = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 \frac{\Delta h}{\Delta t}$ | | | | | $v = D.\sqrt{\frac{g}{2H}}$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Číslo měření | Bernoulliho rovnice | | Rovnice kontinuity | | | | | Vodorovný vrh | | |
| n | h | v | $d_1$ | $d_2$ | $\Delta h$ | $\Delta t$ | v | D | H | v |
| | $10^{-2}$m | $ms^{-1}$ | $10^{-2}$m | $10^{-3}$m | $10^{-2}$m | s | $ms^{-1}$ | $10^{-2}$m | $10^{-2}$m | $ms^{-1}$ |
| 1. | | | | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | | | | |
| 3. | | | | | | | | | | |

## Závěr:

Porovnáme vypočítané hodnoty výtokových rychlostí pro jednotlivé metody a zdůvodníme rozdíly naměřených hodnot.

# Protokol č. 1:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Pracoval:** | | | **Pracováno dne:** | |
| **Spolupracoval:** | | | **Vlhkost vzduchu:** | |
| **Třída:** | | | **Tlak vzduchu:** | |
| **Hodnocení:** | | | **Teplota vzduchu:** | |

## Název úlohy: Určení výtokové rychlosti kapaliny

**Pomůcky:**

Nádoba s otvorem (nádoba tvaru válce s podstavou o plošném obsahu $S_1$. Ve spodní části nádoby je vodorovně umístěna trubička, jejíž průřez má plošný obsah $S_2$ mnohem menší než $S_1$), fotografická miska, stopky, posuvné měřítko s noniem, podstavec pod nádobu s vodou, voda, metr.

**Teoretická příprava:**

**1. Pro výtokovou rychlost lze z Bernoulliho rovnice odvodit tzv. Torriceliho vzorec:**

Vystupují v něm tyto veličiny:

**2. Z rovnice spojitosti lze pro výtokovou rychlost odvodit vztah:**

Vystupují v něm tyto veličiny:

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**3. Z teorie vodorovného vrhu lze pro výtokovou rychlost odvodit vztah:**

Vystupují v něm tyto veličiny:

## Vypracování:

**Úkol č. 1**:

Stanovíme si, do jaké výšky budeme nádobu plnit, abychom pěkně současně změřili i další dva úkoly. Proto si „ párkrát“ pokus „ vyzkoušíme“.

Za h volíme:

$h_1$ =

$h_2$ =

$h_3$ =

Výtoková rychlost $v = \sqrt{2gh}$

Vypočítané odpovídající výtokové rychlosti kapaliny pak také dosadíme do společné tabulky pro všechny tři způsoby měření.

**<u>Úkol č. 2</u>**:

Pomocí posuvného měřítka určíme:

$d_1$ - vnitřní průměr „velké“ nádoby

$d_1$ =

$d_2$ - vnitřní průměr otvoru ve stěně nádoby

$d_2$ =

Vodu necháme vytékat otvorem po vhodně zvolený čas (opět je potřeba to vyzkoušet)

Pro různé velikosti h z úkolu č.1 budeme volit:

různé časové intervaly $\Delta t$

změříme, o kolik klesla hladina vody za čas $\Delta t$ - tzn. $\Delta h$.

$\Delta t_1$ =

$\Delta t_2$ =

$\Delta t_3$ =

$\Delta h_1$ =

$\Delta h_2$ =

$\Delta h_3$ =

Určíme odpovídající rychlost klesání vody ve velké nádobě podle vzorce: $v_1 = \frac{\Delta h}{\Delta t}$ a vypočteme příslušnou výtokovou rychlost podle vzorce $v_2 = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 v_1$; tyto vypočítané údaje již zapíšeme přímo do společné tabulky.

**Úkol č. 3**:

Změříme výšku H středu výtokového otvoru nad vodorovnou rovinou, kam dopadá pramínek kapaliny.

H =

Změříme délku vodorovného vrhu D, který vykonává pramínek kapaliny pro různé výšky kapaliny ( z úkolu č.1) ve velké nádobě.

h z úkolu č.1:

$h_1$ =

$h_2$ =

$h_3$ =

příslušná délka vodorovného vrhu D:

$D_1$ =

$D_2$ =

$D_3$ =

Výslednou rychlost $v = D.\sqrt{\frac{g}{2H}}$ zapíšeme až do společné tabulky.

**Tabulka:**

| | $v = \sqrt{2gh}$ | | $v = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 \frac{\Delta h}{\Delta t}$ | | | | | $v = D.\sqrt{\frac{g}{2H}}$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Číslo měření | Bernoulliho rovnice | | Rovnice kontinuity | | | | | Vodorovný vrh | | |
| n | h | v | $d_1$ | $d_2$ | $\Delta h$ | $\Delta t$ | v | D | H | v |
| | $10^{-2}$m | $ms^{-1}$ | $10^{-2}$m | $10^{-3}$m | $10^{-2}$m | s | $ms^{-1}$ | $10^{-2}$m | $10^{-2}$m | $ms^{-1}$ |
| 1. | | 0 | | | | | #DIV/0! | | | #DIV/0! |
| 2. | | 0 | | | | | #DIV/0! | | | #DIV/0! |
| 3. | | 0 | | | | | #DIV/0! | | | #DIV/0! |

## Závěr:

Použitá literatura:

Bednařík, Milan a Miroslava Široká. *Fyzika pro gymnázia. Mechanika.* Praha: Prometheus, 2000. ISBN 80-7196-176-0.

Obrázky: Vlastní tvorba