

Laboratórne cvičenie č. 1

- Dátum:** 13.10.2025
- Autor:** Boris Ch. Mavrodiev
- Názov:** Určenie výtokovej rýchlosti kvapaliny
- Úloha/y:** Odmerajte veľkosť výtokovej rýchlosti kvapaliny (vody) rôznymi metódami. Získané hodnoty porovnajte a zdôvodnite rozdiely medzi nimi.
- Pomôcky:** nádoba s otvorom, fotografická miska, stopky, posuvné meradlo s nóniom, podstavec pod nádobu, nádoba s vodou
- Teória:** Na určenie výtokovej rýchlosti pomocou rôznych metód použijeme nádobu v tvare valca s podstavou s obsahom S_1 . V spodnej časti nádoby je vodorovne umiestnená trubička, ktorej prierez má plošný obsah S_2 oveľa menší ako S_1 . Trubičku uzavrieme zátkou. Nádobu naplníme vodou tak, aby hladina vody bola vo výške h_1 nad pozdĺžnou osou trubičky. Po odstránení zátky začne z trubičky vytekať voda. Veľkosť rýchlosti vody v trubičke (t. j. výtokovej rýchlosti) môžeme určiť z Bernoulliho rovnice aj z rovnice kontinuity. Na základe známeho učiva dokážeme odvodiť nasledujúce vzťahy:

$$v_1 = \sqrt{2gh_1} \quad (\text{z Bernoulliho rovnice})$$

$$v_2 = \frac{S_1}{S_2} v_1 \quad (\text{z rovnice kontinuity})$$

kde v_1 je rýchlosť vody v nádobe s prierezom S_1 .

Keď postavíme nádobu na vhodný podstavec tak, aby pozdĺžna os trubičky bola vo výške h_2 nad vodorovnou doskou stola, potom vodný lúč má rovnaký tvar ako trajektória, po ktorej by sa pohyboval hmotný bod vodorovne vrhnutý istou začiatočnou rýchlosťou, ktorá sa rovná výtokovej rýchlosti. Jej veľkosť označte v_3 . Veľkosť výtokovej rýchlosti vyjadríme zo vzťahu pre vodorovný vrh

$$v_3 = l \sqrt{\frac{g}{2h_2}}$$

Schéma zapojenia:



Postup:

Postupujte tak, aby ste pri jednom meraní odmerali všetky veličiny potrebné na výpočet veľkosti výtokovej rýchlosti pomocou všetkých troch vzťahov, t. j. Bernoulliho rovnice, rovnice kontinuity i vzťahov pre vodorovný vrh. Vypočítané hodnoty rýchlosti porovnajte.

1. Pred naplnením nádoby vodou odmerajte vnútorný prierez d_1 nádoby, vzdialenosť h_2 pozdĺžnej osi vodorovnej trubičky od vodorovnej dosky stola a vnútorný prierez d_2 výtokovej trubičky.
2. Vodu nalejte do výšky h_1 nad pozdĺžnou osou výtokovej trubičky. Výšku h_1 si označte.
3. Vodu nechajte vytekať za čas t (5s až 10s). Miesto, kde dopadol vodný lúč, označte ceruzkou. Označte aj výšku h'_1 hladiny vody po uplynutí času t .
4. Určte rýchlosť klesania hladiny v nádobe.
5. Namerané hodnoty dosadte do vzťahu na výpočet výtokovej rýchlosti v_2 a pokračujte v meraní pri inej výške h_2 .
6. Všetky hodnoty, ktoré ste v cvičení namerali, zapíšte do tabuľky.
7. Zdôvodnite rozdiely hodnôt výtokovej rýchlosti, ktoré ste získali rôznymi metódami.

Tabuľka:

Číslo merania	Bern. rovnica		Rovnica Kontinuity								Vodorovný vrh			
	h_1 $10^{-2}m$	v_1 $m.s^{-1}$	d_1 $10^{-2}m$	S_1 m^2	d_2 $10^{-2}m$	S_2 m^2	h_1-h_1' $10^{-2}m$	t s	v_1 $m.s^{-1}$	v_2 $m.s^{-1}$	l $10^{-2}m$	h_2 $10^{-2}m$	v_3 $m.s^{-1}$	
1.	29,4	2,42	Strana $a=7,28$ Strana $b=7,24$	0,005271	0,54	0,000023	5,7	7,28	0,007	1,604	55	25,5	2,435	
2.	23,7	2,18					4,1	7,55	0,005	1,146			46	2,037
3.	19,6	1,98					4,1	7,58	0,005	1,146			41	1,816

Výsledky:

Bernoulliho rovnica:

$$v_1 = \sqrt{2gh_1}$$

$$v_1 = \sqrt{2 * 10 * 0,294} = \sqrt{5,88} = 2,42$$

Rovnica kontinuity:

$$v_2 = \frac{S_1}{S_2} v_1$$

$$v_2 = \frac{0,005271}{0,000023} * 0,007 = 1,604$$

Vodorovný vrh:

$$v_3 = l \sqrt{\frac{g}{2h_2}}$$

$$v_3 = 0,55 * \sqrt{\frac{10}{2 * 0,255}} = 2,4$$

Záver:

Výsledky experimentu potvrdili platnosť fyzikálnych poznatkov o prúdení kvapalín, vrátane použitých troch rovníc. S poklesom vodného stĺpca h_1 v nádobe podľa predpokladu klesala rýchlosť v_1 pre klesajúci hydrostatický tlak v nádobe a pri nemenných plochách S_1 a S_2 sa znižovala aj rýchlosť v_2 . To následne viedlo k poklesu rýchlosti v_3 a skráteniu vzdialenosti dopadu vodného lúča.

Nepresnosti v meraní sú následkom ľudskej chyby pri meraní času t , vzdialenosti l a rozdielu výšok vodnej hladiny $h_1 - h'_1$. Presnosť pokusu bola ovplyvnená aj tým, že pokus sa neodohrával v ideálnom prostredí (odpor vzduchu), s reálnou kvapalinou s vnútorným trením (použité rovnice vyjadrujú správanie ideálnej kvapaliny), presnosť výpočtov bola limitovaná matematickým zaokrúhľovaním.