

HYDROSTATICKÝ PARADOX

Vzdělávací předmět: Fyzika

Tematický celek dle RVP: Mechanické vlastnosti tekutin

Tematická oblast: Mechanické vlastnosti kapalin

Cílová skupina: Žák 7. ročníku základní školy

Cílem pokusu je sledování změny celkového tlaku v kapalině ve stejných hloubkách pod hladinou kapaliny v nádobách různého tvaru se shodným obsahem dna.

POMŮCKY

Počítač, USB modul USB – 200, tlakový senzor NUL – 210, 3 skleněné průhledné nádoby různého tvaru a shodného obsahu dna, plastová hadička (slámka) délky 20 cm o průměru plastové trubičky tlakového senzoru, voda, úzký proužek lepicího papíru, délkové měřidlo

NASTAVENÍ MĚŘICÍHO ZAŘÍZENÍ

2 min



1. K počítači připojíme pomocí kabelu modul USB.



2. Na koncovku měřicího čidla tlakového senzoru nejprve nasuneme otáčivým pohybem plastovou hadičku (slámku) a poté jej připojíme k modulu USB.



3. Spustíme program *Neulog*.



4. Klikneme na ikonu *Hledat čidla*.



5. Klikneme na ikonu *Pokus s připojením*.



6. V Okno modulu klikneme na *Nastavení modulu*.

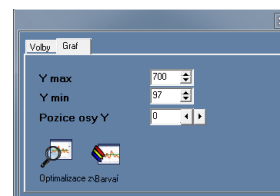
Záložka *Volby*:

- ponecháme nastavení *Graf*
- vybereme jednotku *kPa*



Záložka *Graf*:

- ponecháme nastavení *Y max*
- nastavíme *Y min* na hodnotu aktuálního atmosférického tlaku sníženou o 2 kPa
- nastavíme *Pozice osy Y* na hodnotu 0



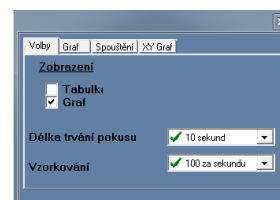
Dialogové okno zavřeme.



7. Klikneme na ikonu *Nastavení pokusu*.

Záložka *Volby*:

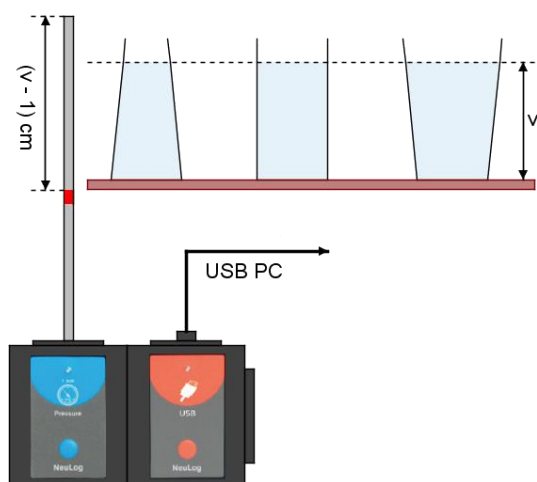
- ponecháme nastavení *Graf*
- nastavíme *Délka trvání pokusu* – 10 sekund
- nastavíme *Vzorkování* – 100 za sekundu



Dialogové okno zavřeme.

PŘÍPRAVA A SESTAVENÍ POKUSU

5 min



1. Do všech nádob nalijeme vodu do stejné výšky ode dna nádoby (v_{max} 15 cm).
2. Na hadičku nalepíme proužek lepicího papíru. Vzdálenost proužku od volného konce hadičky je rovna výšce kapaliny zmenšené o 1 cm (max. 14 cm).

Poznámka pro pedagoga:

K vyslovení správného závěru pokusu je nutné prověřit dokonalou těsnost napojení hadičky a senzoru, nejlépe provedením části pokusu. V případě netěsnosti kapalina začne hadičkou rychle stoupat vzhůru a pokus je neproveditelný.

REALIZACE POKUSU

10 min

1. První měření celkového tlaku provedeme s kapalinou v nádobě s rovnými stěnami.
2. Uchopíme měřicí zařízení a držíme jej nad nádobou tak, aby byl volný konec hadičky těsně nad hladinou kapaliny.



3. Měření spustíme kliknutím na ikonu *Spustit pokus* v liště programu.
4. Měřicí zařízení pomalým rovnoměrným pohybem po dobu 5 s zasouváme do kapaliny až po dolní okraj proužku lepicího papíru na hadičce a pomalým rovnoměrným pohybem po dobu 5 s jej vysouváme z kapaliny těsně nad hladinu kapaliny. V grafu sledujeme změnu celkového tlaku v kapalině.



5. Po ukončení měření uzamkneme grafický výsledek měření kliknutím na ikonu *Zmrazit předchozí graf(y)* v liště programu.

6. Vyměníme nádobu s kapalinou a pokus opakujeme podle bodů 2 až 4.



7. Po ukončení měření provedeme změnu barvy grafu kliknutím na ikonu *Barva* v *Okno modulu* (modrá).



8. Grafický výsledek měření uzamkneme kliknutím na ikonu *Zmrazit předchozí graf(y)* v liště programu.

9. Poslední měření s kapalinou ve třetí nádobě opakujeme podle bodu 2 až 4 a 7 (barva grafu zelená).



10. Pokus uložíme kliknutím na ikonu *Uložit pokus* v liště programu.

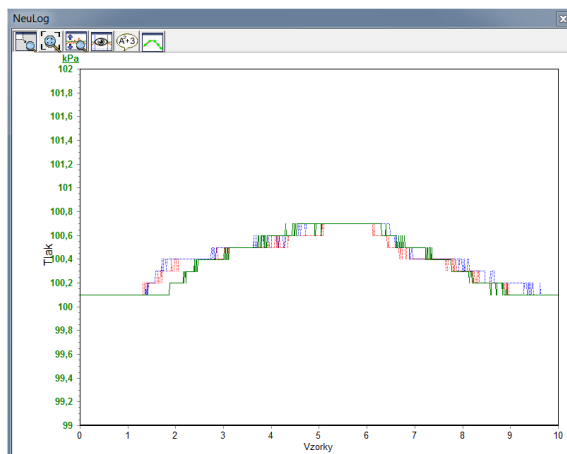
ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKU POKUSU

5 až 10 min

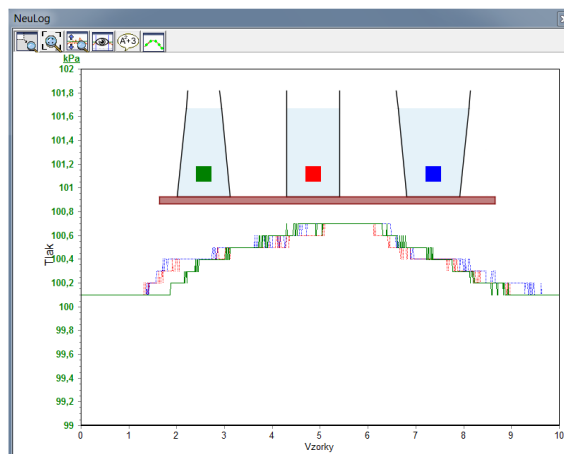
POPIS GRAFU



1. Grafický výsledek pokusu zvětšíme kliknutím na ikonu *Optimalizace zvětšení* v okně grafu (*obr. 1*).
2. Křivky grafu popíšeme pomocí vhodného programu na počítači (*obr. 2*).



obr. 1



obr. 2

Celkový tlak v kapalině je dán součtem atmosférického tlaku p_a a hydrostatického tlaku p_h . Atmosférický tlak lze považovat v průběhu měření za konstantní, a proto je změna celkového tlaku v kapalině dána pouze změnou hydrostatického tlaku.

Velikost hydrostatického tlaku p_h závisí na hustotě kapaliny ρ_k , hloubce pod hladinou kapaliny h a veličině g . Vzhledem k tomu, že ve všech nádobách byla použita kapalina o stejné hustotě (voda) a veličina g je konstantní, pak změna celkového tlaku v kapalině je způsobena pouze změnou hloubky h pod vodní hladinou.

Hodnota celkového tlaku v kapalině nezávisí na tvaru nádoby ani na celkovém objemu kapaliny, ale pouze na hloubce h pod hladinou kapaliny.

ZÁVĚR POKUSU

Z výsledných křivek grafu je patrné, že celkový tlak v kapalině (resp. hydrostatický tlak p_h) se zvětšuje s rostoucí hloubkou pod vodní hladinou ve všech tvarově různých nádobách stejně. To znamená, že celkový tlak v kapalině nezávisí na tvaru nádoby ani na celkovém objemu kapaliny.

PRACOVNÍ LIST ŽÁKA

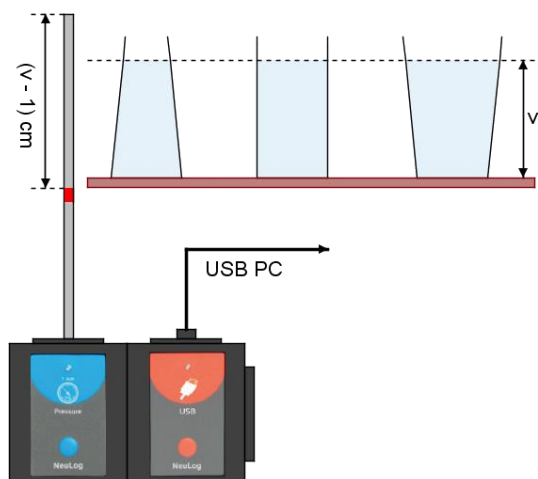
HYDROSTATICKÝ PARADOX

Jméno a příjmení:

Třída:

Spolupracovali:

Datum:



Do všech nádob nalijeme vodu do stejné výšky ode dna nádoby (v_{max} 15 cm).

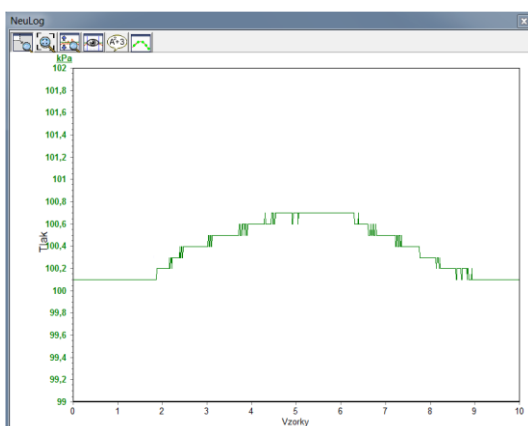
Na hadičku tlakoměru nalepíme proužek lepicího papíru. Vzdálenost proužku od volného konce hadičky je rovna výšce kapaliny zmenšené o 1 cm (max. 14 cm).

Uchopíme měřicí zařízení a volný konec hadičky umístíme těsně nad vodní hladinu. Hadičku pomalým rovnoměrným pohybem po dobu 5 s zasouváme do kapaliny až po dolní okraj lepicí pásky a pomalým rovnoměrným pohybem po dobu 5 s ji vysouváme z kapaliny těsně nad vodní hladinu.

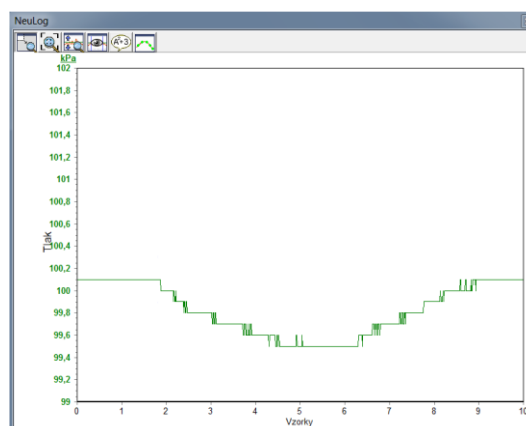
V grafu sledujeme změnu celkového tlaku v kapalině.

ÚKOLY

1. Vysvětlete pojem *celkový tlak v kapalině*, který měříme tlakovým senzorem.
2. Před zahájením pokusu odhadněte, který grafický výsledek bude přibližně odpovídat provedenému měření celkového tlaku v první nádobě. Svě tvrzení zdůvodněte.

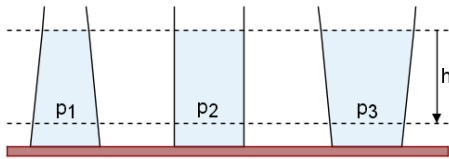


graf 1

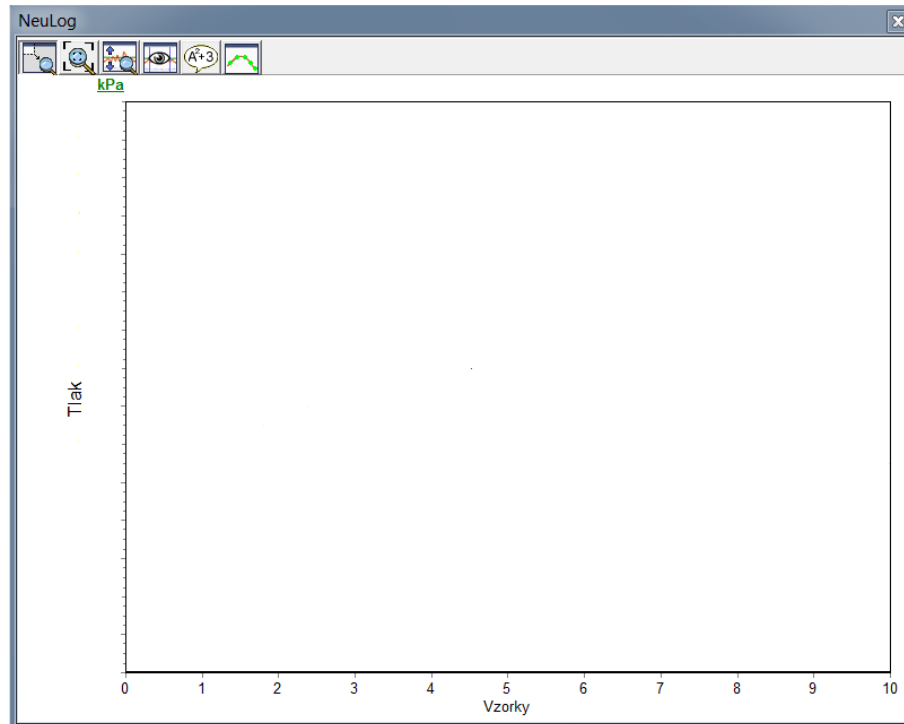


graf 2

3. Před zahájením pokusu odhadem porovnejte celkové tlaky p_1 , p_2 a p_3 ve stejné hloubce h pod vodní hladinou v nádobách znázorněných na obrázku.



4. Zakreslete výsledek vašeho pokusu, na ose y (tlak) zvolte vhodné měřítko.



5. Vyslovte závěr pokusu. Byl váš odhad z úkolu 3 správný?
6. V následujících případech porovnejte celkové tlaky v kapalině měřené u dna nádoby.
- Úzká vysoká nádoba a široká nízká nádoba je naplněna půl litrem vody.
 - V úzké vysoké nádobě a široké nízké nádobě dosahuje voda do stejné výšky ode dna nádoby.
 - První nádoba je naplněna vodou, druhá olejem do stejné výšky ode dna. Nádoby jsou tvarově stejné.

ŘEŠENÍ

1. Celkový tlak v kapalině je roven součtu atmosférického tlaku p_a a hydrostatického tlaku p_h .
2. Prováděnému pokusu odpovídá **graf 1**. Celkový tlak v kapalině s rostoucí hloubkou pod vodní hladinou roste a s klesající hloubkou pod vodní hladinou klesá.
3. $p_1 = p_2 = p_3$
6. a) $p_{\text{úzká}} > p_{\text{široká}} \Rightarrow$ Voda v úzké vysoké nádobě bude dosahovat do vyšší výšky ode dna než u široké nízké nádoby. Celkový tlak ve vysoké nádobě je tedy měřen ve větší hloubce pod vodní hladinou než u nízké široké nádoby, a proto musí být vyšší.
b) $p_{\text{úzká}} = p_{\text{široká}} \Rightarrow$ Voda v obou tvarově různých nádobách dosahuje do stejné výšky. Celkový tlak v kapalině nezávisí na tvaru nádoby (celkovém objemu kapaliny), ale pouze na hloubce pod vodní hladinou. Celkové tlaky měřené u dna obou nádob jsou shodné.
c) $p_{\text{voda}} > p_{\text{olej}} \Rightarrow$ Celkový tlak v kapalině závisí i na hustotě kapaliny. Hustota vody je větší než hustota oleje, a proto i celkový tlak ve vodě měřený za stejných podmínek jako v oleji je větší.