

HYDROSTATICKÝ TLAK

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 v závislosti na hloubce pod hladinou kapaliny a hustotě kapaliny, výpočet hydrostatického tlaku z naměřeného celkového tlaku v kapalině.

POMŮCKY

Počítač s internetovým připojením, USB modul USB – 200, tlakový senzor NUL – 210, odměrný válec 100 ml, rovná průhledná hadička (slámka) délky cca 30 cm o průměru čidla tlakového senzoru, voda, ethanol, papírové milimetrové pravítko, utěrka

NASTAVENÍ MĚŘICÍHO ZAŘÍZENÍ

2 min



1. K počítači připojíme pomocí kabelu modul USB.



2. K modulu USB připojíme tlakový senzor (dále jen tlakoměr). Hadičku nasadíme krouživým pohybem na čidlo tlakoměru.



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*.

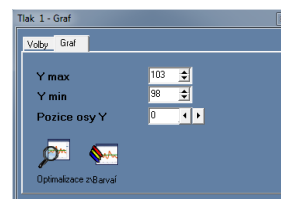
Záložka *Volby*:

- ponecháme nastavení *Graf*
- ponecháme nastavení jednotky *kPa*



Záložka *Graf*:

- nastavíme *Y max* dle aktuálního $p_a + 3 \text{ kPa}$
- nastavíme *Y min* dle aktuálního $p_a - 1 \text{ kPa}$
- nastavíme *Pozice osy Y* na hodnotu 0



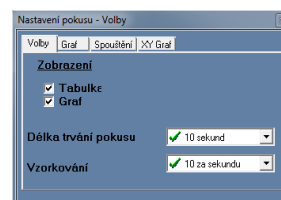
Dialogové okno zavřeme.



7. Klikneme na ikonu *Nastavení pokusu*.

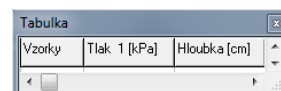
Záložka *Volby*:

- potvrdíme zaškrťovací pole *Tabulka*
- ponecháme nastavení *Graf*, *Délka trvání pokusu* i *Vzorkování*



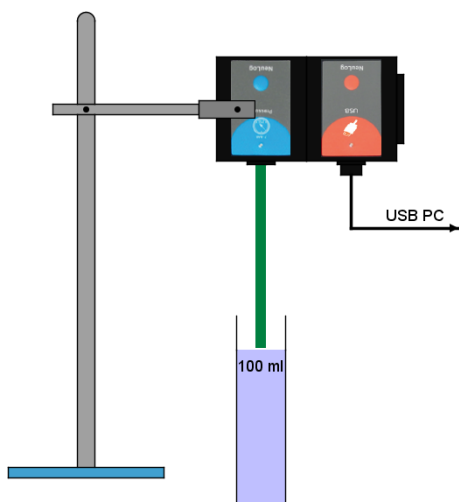
Dialogové okno prozatím neuzavíráme z důvodu správného nastavení osy x (*Hloubka* místo *Vzorky*), což je možné až po ukončení všech měření pokusu.

8. V okně *Tabulka* přepíšeme název sloupce *Ručně nastavené hodnoty* na *Hloubka [cm]*.



PŘÍPRAVA A SESTAVENÍ POKUSU

5 min



1. Měřicí soustavu upevníme pomocí držáku v horní části stojanu.
2. Odměrný válec naplníme 100 ml vody a postavíme jej pod hadičku tlakoměru.
3. Volný konec hadičky tlakoměru je těsně nad hladinou kapaliny.

Poznámka pro pedagoga:

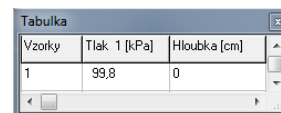
K vyslovení správného závěru pokusu je nutné prověřit dokonalou těsnost napojení hadičky a senzoru, nejlépe provedením části pokusu. V případě netěsnosti kapalina začne hadičkou rychle stoupat vzhůru a pokus je neproveditelný.

REALIZACE POKUSU

10 min

1. První měření celkového tlaku p provedeme těsně nad hladinou kapaliny (vody).

V okně *Tabulka* ve sloupci *Hloubka [cm]* zapíšeme 0. Zápis potvrdíme klávesou Enter.



Vzorky	Tlak 1 [kPa]	Hloubka [cm]
1	99.8	0



2. Měření provádíme v režimu po krocích kliknutím na ikonu *Jeden krok (jeden vzorek)*.

3. Měření celkového tlaku p provádíme ve hloubkách 5 cm, 10 cm, 15 cm a 20 cm. Hloubku odměřujeme papírovým milimetrovým pravítkem. Počátek pravítka přiložíme k hladině kapaliny v odměrném válci a hloubku odečítáme u hladiny kapaliny v ponořené hadičce.



4. Každou hloubku zapíšeme v okně *Tabulka* do příslušného sloupce a kliknutím na ikonu *Jeden krok (jeden vzorek)* provedeme měření.

5. Z naměřených hodnot vypočteme velikost hydrostatického tlaku p_h v jednotlivých hloubkách pod hladinou kapaliny.



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



7. Předchozí pokus vymažeme kliknutím na ikonu *Vymazat výsledky pokusu* v liště programu.

8. V odměrném válci vyměníme vodu za 100 ml ethanolu a pokus opakujeme podle bodu 1 až 6.

9. Z grafického výsledku pokusů určíme vzájemnou závislost hydrostatického tlaku p_h na hloubce h pod hladinou kapaliny a hustotě kapaliny ρ .

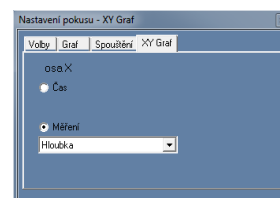
POPIS GRAFU



1. Jednotlivá měření otevřeme kliknutím na ikonu *Otevřít pokus* v liště programu.



2. Změníme hodnoty na ose x v grafu. V okně *Nastavení pokusu* na záložce *XY Graf* vybereme *Měření* a z rozevírací nabídky *Hloubka*.



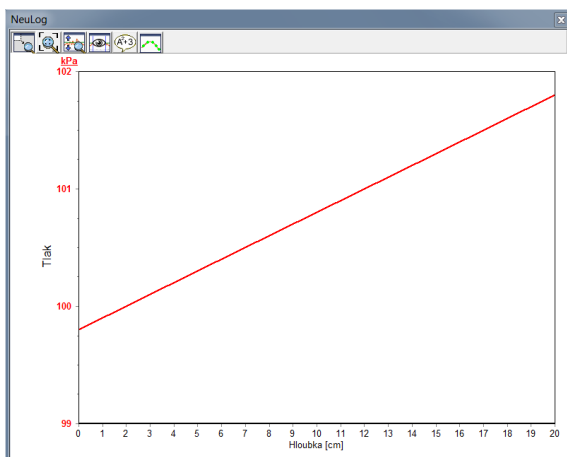
3. Grafický výsledek pokusu zvětšíme kliknutím na ikonu *Optimalizace zvětšení* v okně grafu.



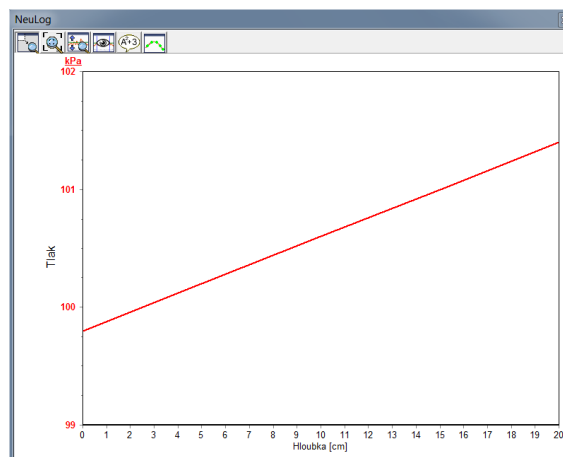
4. Pro porovnání grafických výsledků pokusů nastavíme v *Nastavení modulu* obou provedených pokusů na záložce *Graf* stejné hodnoty Y_{max} a Y_{min} .



5. Bodový graf změníme na čárový graf kliknutím na ikonu *Změni na čárový graf* v okně grafu.



voda



ethanol

V grafickém výsledku pokusů vidíme, že celkový tlak p v kapalině je přímo úměrný hloubce h pod hladinou kapaliny. Porovnáním sklonu obou přímků zjistíme, že v kapalině o větší hustotě ρ je ve stejné hloubce h pod hladinou kapaliny vyšší celkový tlak p .

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

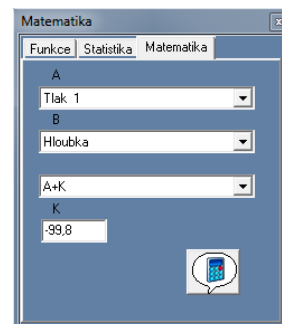
Můžeme tedy konstatovat, že s rostoucí hloubkou h pod hladinou kapaliny roste přímo úměrně velikost hydrostatického tlaku p_h . Míra růstu je závislá na hustotě kapaliny ρ .

VÝPOČET HYDROSTATICKÉHO TLAKU



1. V okně grafu klikneme na ikonu *Zobrazit funkce* a na záložce *Matematika* provedeme nastavení výpočtu hydrostatického tlaku p_h pro jednotlivá měření.

- v nabídce *A* ponecháme nastavení *Tlak 1*
- pro *B* vybereme z rozevírací nabídky *Hloubka*
- z třetí rozevírací nabídky vybereme *A+K*
- v nabídce *K* zapíšeme hodnotu atmosférického tlaku p_a s opačným znaménkem



2. Nastavení potvrdíme tlačítkem *Vypočítat*.

Vzorky	Tlak 1 [kPa]	Hloubka [cm]	(Tlak 1) + K
1	99,8	0	
2	100,3	5	0,5
3	100,8	10	1
4	101,3	15	1,5
5	101,8	20	2

voda

Vzorky	Tlak 1 [kPa]	Hloubka [cm]	(Tlak 1) + K
1	99,8	0	
2	100,2	5	0,4
3	100,6	10	0,8
4	101,0	15	1,2
5	101,4	20	1,6

ethanol

Z vypočtených hodnot v tabulce je také patrné, že velikost hydrostatického tlaku p_h je závislá na hloubce h pod hladinou kapaliny a na hustotě kapaliny ρ ($\rho_{voda} > \rho_{ethanol}$).

ZÁVĚR POKUSU

Z výsledků pokusu vyplývá, že hydrostatický tlak p_h v kapalině je fyzikální veličinou závislou na hloubce h pod hladinou kapaliny a na hustotě kapaliny ρ .

S rostoucí hloubkou h pod hladinou kapaliny roste i hydrostatický tlak p_h , a to přímo úměrně.

Čím je hustota kapaliny ρ větší, tím je ve stejné hloubce h pod hladinou kapaliny větší hydrostatický tlak p_h . Tato závislost je opět lineární.

PRACOVNÍ LIST ŽÁKA

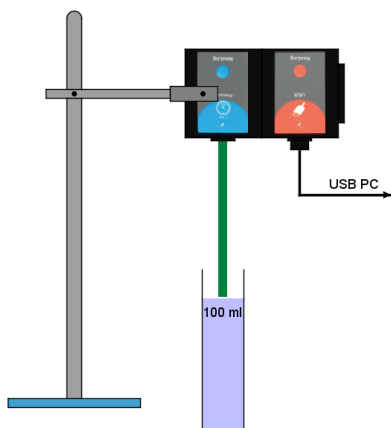
HYDROSTATICKÝ TLAK

Jméno a příjmení:

Třída:

Spolupracovali:

Datum:



Měřicí soustavu upevníme pomocí držáku v horní části stojanu. Odměrný válec se 100 ml vody umístíme pod hadičku tlakoměru, jejíž volný konec je těsně nad vodní hladinou. Provedeme první měření celkového tlaku.

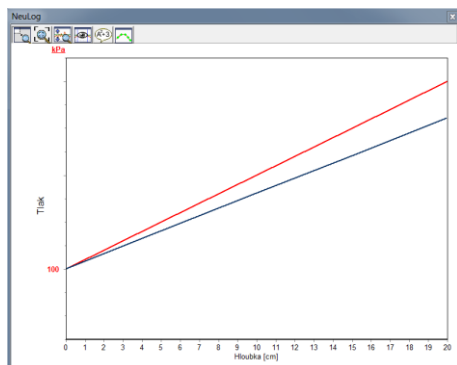
Dále měříme velikost celkového tlaku v různých hloubkách – 5 cm, 10 cm, 15 cm a 20 cm pod hladinou kapaliny.

Pokus opakujeme se 100 ml ethanolu.

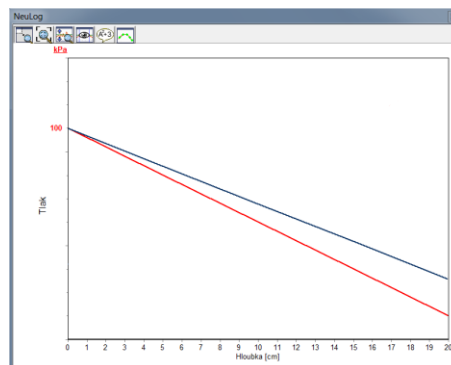
Sledujeme změnu celkového tlaku v závislosti na hloubce pod hladinou kapaliny a na hustotě kapaliny. Z naměřených hodnot vypočteme velikosti hydrostatického tlaku v jednotlivých hloubkách pod hladinou kapaliny.

ÚKOLY

1. Vysvětlete fyzikální pojem *celkový tlak v kapalině*.
2. Na základě provedeného pokusu rozhodněte, který grafický výsledek přibližně odpovídá provedenému pokusu. Svě tvrzení zdůvodněte a přiřaďte barevné křivky jednotlivým kapalinám.



graf 1



graf 2

3. Navrhňte, jak z naměřených hodnot celkového tlaku vypočítáte velikost hydrostatického tlaku p_h v jednotlivých hloubkách pod hladinou kapaliny. Hydrostatický tlak p_h vypočítejte.

4. Vyslovte závěr pokusu.

5. Zapište vzorec, pro výpočet hydrostatického tlaku. Jednotlivým fyzikálním veličinám přiřaďte jednotku.

6. Výška hráze vodní nádrže Lipno je 25 metrů. Porovnejte hydrostatický tlak v hloubce 1 m pod vodní hladinou s hydrostatickým tlakem u paty hráze. Jaký tvar musí mít přehradní hráz, aby nedošlo k jejímu protržení?

7. V jaké hloubce pod mořskou hladinou je roven hydrostatický tlak normálnímu atmosférickému tlaku? Výsledek zaokrouhlete na celé číslo.

8. V hloubce 120 cm pod hladinou kapaliny byl naměřen hydrostatický tlak o velikosti 16,2 kPa. V jaké kapalině byl hydrostatický tlak měřen?

Poznámka: Hodnoty potřebných fyzikálních veličin v úkolech 6 až 8 vyhledejte pomocí internetového vyhledávače.

ŘEŠENÍ

1. Celkový tlak v kapalině je dán součtem atmosférického tlaku p_a a hydrostatického tlaku p_h .
2. Celkový tlak v kapalině roste s hloubkou pod hladinou kapaliny, čemuž odpovídá grafické znázornění v **grafu 1**.
V kapalině o větší hustotě je ve stejné hloubce pod hladinou kapaliny větší celkový tlak. V grafickém výsledku se tato skutečnost projeví větším sklonem přímky – voda (červená přímka), ethanol (modrá přímka).
3. V průběhu měření celkového tlaku v kapalině lze považovat velikost atmosférického tlaku p_a za konstantní. Hydrostatický tlak p_h vypočteme jako rozdíl celkového tlaku p a atmosférického tlaku p_a : $p_h = p - p_a$.
Výpočet provádíme pomocí matematické funkce programu Neulog – viz *Výpočet hydrostatického tlaku*.

5. $p_h = h \cdot \rho \cdot g$

$$p_h \text{ [Pa]}, h \text{ [m]}, \rho \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right], g \left[\frac{\text{N}}{\text{kg}} \right]$$

6. $p_{h_1} = h \cdot \rho \cdot g = (1 \cdot 1000 \cdot 10) \text{ Pa} = 10\,000 \text{ Pa}$

$$p_{h_{25}} = h \cdot \rho \cdot g = (25 \cdot 1000 \cdot 10) \text{ Pa} = 250\,000 \text{ Pa}$$

$p_{h_1} < p_{h_{25}} \Rightarrow$ Hráz musí být u paty mnohem širší než u vodní hladiny z důvodu většího hydrostatického tlaku působícího v hloubce na stěnu hráze.

7. $h = \frac{p_h}{\rho \cdot g} = \frac{101\,325}{1024 \cdot 10} \text{ m} \doteq 10 \text{ m}$

8. $\rho = \frac{p_h}{h \cdot g} = \frac{16\,200}{0,12 \cdot 10} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 13\,500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \Rightarrow \text{rtuť}$