

Meno:Škola:..... Trieda:..... Dátum:....

Závislosť objemu vody od teploty

Fyzikálny princíp:

Objem kvapaliny V pre nie veľké teplotné rozdiely je určený približne vzťahom $V = V_0(1 + \beta\Delta t)$, kde $\Delta t = t - t_0$ je prírastok teploty, V_0 je začiatočný objem kvapaliny pri začiatočnej teplote t_0 a β je teplotný koeficient objemovej rozťažnosti. Pri väčšine kvapalín sa zvyšovaním teploty objem zväčšuje, pri ochladzovaní znižuje. Voda má výnimočnú vlastnosť. Pri zohrievaní od 0°C do $3,98^\circ\text{C}$ sa objem vody znižuje. Pri teplotách väčších ako $3,98^\circ\text{C}$ sa objem vody s rastúcou teplotou zväčšuje.

Cieľ:

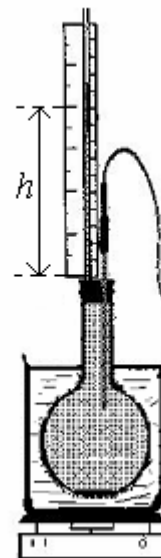
Ukázať, ako sa mení objem, resp. hustota vody v závislosti od teploty a určiť teplotný koeficient objemovej rozťažnosti vody.

Pomôcky:

banka (1 l), voda, gumená zátku, sklenená trubička, pravítko, stojan s držiakom, ohrievač alebo varič, veľká nádoba (2 l), odmerný valec, ihlica, posuvné meradlo, váhy, teplotná sonda, počítač so systémom Coach5, merací panel CoachLabII

Postup:

1. V projekte *Exploring Physics* otvorte súbor *Závislosť objemu vody od teploty*. Ak súbor pripravený nemáte, otvorte novú úlohu, v ktorej na kanál 1 (resp.3) pripojte sondu teploty. Dobu merania nastavte na 20 min. Keďže výšku stĺpca vody v trubičke budete zadávať z klávesnice, nastavte frekvenciu snímania na *Manual (Vlastné-ručne)* a počet meraní nastavte v ponuke *Number of samples (Počet vzoriek)*, napr. na 20. Do jedného z okien zobrazte hodnoty teploty v digitálnej podobe. Nastavte osi grafov závislosti teploty od času a výšky vodného stĺpca od času a graf závislosti výšky vodného stĺpca od teploty vody.
2. Skôr než začnete samotné meranie závislosti objemu vody na teplote, odvážte hmotnosť použitej vody nasledujúcim spôsobom. Najprv odmerajte hmotnosť prázdnej banky s príslušenstvom. Potom sklenenú banku naplňte doplna studenou vodou. Banku uzavrite zátkou, v ktorej je vodotesne upevnená sklenená trubička a teplotná sonda. Zátku poriadne zatlačte, aby v banke nezostal vzduch nad hladinou vody, ani vzduchové bubliny na stenách nádoby a aby voda v sklenenej rúrke vystúpila asi 2 cm nad zátku. Zistite hmotnosť banky s vodou a s príslušenstvom. Údaje zaznamenajte.
3. Banku s vodou a s príslušenstvom vložte do nádoby s vodou a celú sústavu položte na varič (obr.1).
4. Stlačením zeleného tlačidla spustíte meranie. Vodu v banke pomaly zohrievajte pomocou variča. Pri pozorovateľnej zmene výšky vodného stĺpca (napr. o 3 mm) zaznamenajte odmerané hodnoty výšky vodného stĺpca nasledovne: opätovným stlačením zeleného tlačidla sa objaví okno, do ktorého prostredníctvom klávesnice zapíšete odmeranú hodnotu výšky vodného stĺpca v trubičke. Tento postup opakujte niekoľkokrát, pričom meranie môžete kedykoľvek ukončiť.



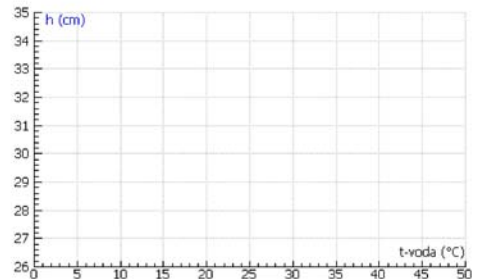
obr. 1 Schéma zostavy experimentu

Otázky a úlohy:

1. Zistite hmotnosť m vody v banke:

	m [kg]
Hmotnosť prázdnej banky s príslušenstvom m_1	
Hmotnosť banky s vodou a s príslušenstvom m_2	
Hmotnosť vody m	

2. Do pripraveného grafu závislosti výšky vody v trubičke od teploty $h(t)$ zakreslite svoju predpoveď o priebehu sledovanej závislosti.



3. Prezrite si výsledok vášho merania. Napíšte, akú závislosť vám pripomína graf $h(t)$.

4. Napíšte vzťah pre celkový objem vody v banke a trubičke využitím známych hodnôt objemu V_b banky, polomeru r sklenenej trubičky a výšky h hladiny vody v trubičke.

5. Odmerajte všetky veličiny potrebné k určeniu celkového objemu vody.

6. Zostrojte graf závislosti objemu vody na teplote $V(t)$, pričom na výpočet objemu využite vzťah z úlohy 4. Akú závislosť vám pripomína graf $V(t)$?

7. Graf závislosti $V(t)$ fitujte vhodne zvolenou funkciou. Zapište typ vybranej funkcie a hodnoty parametrov a, b, \dots

$f(x) =$ $a =$ $b =$

8. Ktorú veličinu v našom meraní predstavuje nezávislá premenná x ?

$x =$

9. Ktorú veličinu v našom meraní predstavuje závislá premenná $y = f(x)$?

$y = f(x) =$




10. Aký je fyzikálny význam parametrov a, b vo funkcii, ktorou ste fitovali nameranú závislosť $V = f(t)$?

$a =$ $b =$

11. Aká je hodnota súčiniteľa teplotnej objemovej rozťažnosti β ? Získaný výsledok porovnajte s tabuľkovou hodnotou. Zhodnotte presnosť merania.

$\beta =$ $\beta_{\text{tab}} =$

$$\delta\beta = \frac{\Delta\beta}{\beta_{tab}} \cdot 100\% =$$

12. Zostrojte graf závislosti hustoty vody na teplote $\rho(t)$ využitím vzťahu medzi objemom a hustotou. Akú závislosť vám pripomína graf $\rho(t)$? 
13. Do jedného z okien importujte tabuľku údajov o hustote v teplotnom intervale (0°C, 40°C) získané z MFCH tabuliek a vytvorte odpovedajúci graf závislosti hustoty vody na teplote. 
14. Popíšte charakter závislosti hustoty vody na teplote. Ako sa mení hustota vody s teplotou? Pri ktorej hodnote je hustota vody maximálna?
15. Do vytvoreného grafu závislosti hustoty vody na teplote importujte graf získaný meraním. Porovnajte graf $\rho(t)$ - hodnoty z MFCH tabuliek s grafom získaným z výsledkov vášho merania. Do akej miery sa zhodujú vaše výsledky s tabuľkovými hodnotami? 
16. Vymenujte možné zdroje chýb merania. Navrhnite spôsob, ako meranie spresniť.
17. Získané výsledky vytlačte.



Úloha 2: Zvoľte funkciu *Predict (Predpovedať)*, ktorú vyvoláte stlačením pravého tlačidla myši na grafe závislosti $h = f(t)$.

Úloha 6: Kliknite na  a zvoľte *New diagram (Nový diagram)*. Zadajte názov grafu: $V = f(t)$. 

Súboru hodnôt C1 prirad'te *Analog In1: Temperature Sensor*. Označte *Axis horizontal (Os horizontálna)*. Označte *Quantity (Veličina)*: t-voda, min:0, max:40

Súboru hodnôt C2 prirad'te *Manual data:h*. Označte *Axis invisible (Os neviditeľná)*.

Súboru hodnôt C3 prirad'te *Formula (Vzorec)* v tvare: $V_b + \pi \cdot r^2 \cdot (C2 + h_1)$, kde za V_b dosad'te objem banky, za r polomer trubičky za h_1 výšku trubičky v zátku. Hodnoty dosadzujte v základných jednotkách SI sústavy. Označte *Axis first vertical (Prvá kolmica)*. Zadajte *Quantity (Veličina)*: V , *Unit (jednotka)*: m^3 , min: 0, max: $1,2 \cdot 10^{-3}$.


Úloha 7: Zvoľte *Analyse - Function-fit (Analýza-Fit funkcie)*, ktorú vyvoláte stlačením pravého tlačidla myši na grafe. Z ponuky *Function Type (Typ funkcie)* vyberte vhodnú funkciu a kliknite na ikonu *Auto fit*. Opíšte typ funkcie a hodnoty konštant a, b .

Úloha 12: Kliknite na  a zvoľte *New diagram (Nový diagram)*. Zadajte názov grafu: $\rho = f(t)$. 

Súboru hodnôt C1 prirad'te *Analog In1: Temperature Sensor*. Označte *Axis horizontal (Os horizontálna)*.

Súboru hodnôt C2 prirad'te *Formula:V* (príp. *Formula: Fit of V*). Označte *Os neviditeľná (Os neviditeľná)*.

Súboru hodnôt C3 prirad'te *Formula (Vzorec)* v tvare: $m/C2$, kde za m dosad'te konkrétnu hodnotu hmotnosti vody určenú vážením. Označte *Axis vertical (Prvá kolmica)*. Zadajte *Quantity (Veličina)*: ρ , *Unit (jednotka)*: kg/m^3 , min: 900, max: 1004.

Úloha 13: Kliknite na  a vyberte ponuku *Import Table /Coach 5 Result (Importuj Tabuľku/Coach 5 Výsledok)*. Z ponúkaných súborov zvoľte $R_o(t)$ -hodnoty z MFCH tabuliek. V stĺpci C1 sú údaje o teplote, v stĺpci C2 o hustote. Po zobrazení tabuľky kliknite pravým tlačidlom v okne tabuľky a vyberte ponuku *Display as a diagram (Zobraziť graf)*.

Úloha 15: Najskôr uložte výsledok. Kliknite pravým tlačidlom v okne grafu $R_o(t)$ - hodnoty z MFCH tabuliek a vyberte ponuku *Import background graph (Importovanie pozadia)*. Vyberte z ponuky výsledok merania, ktorý ste predtým uložili. Na horizontálnu os vyberte teplotu t , na vertikálnu hustotu ρ získanú meraním.