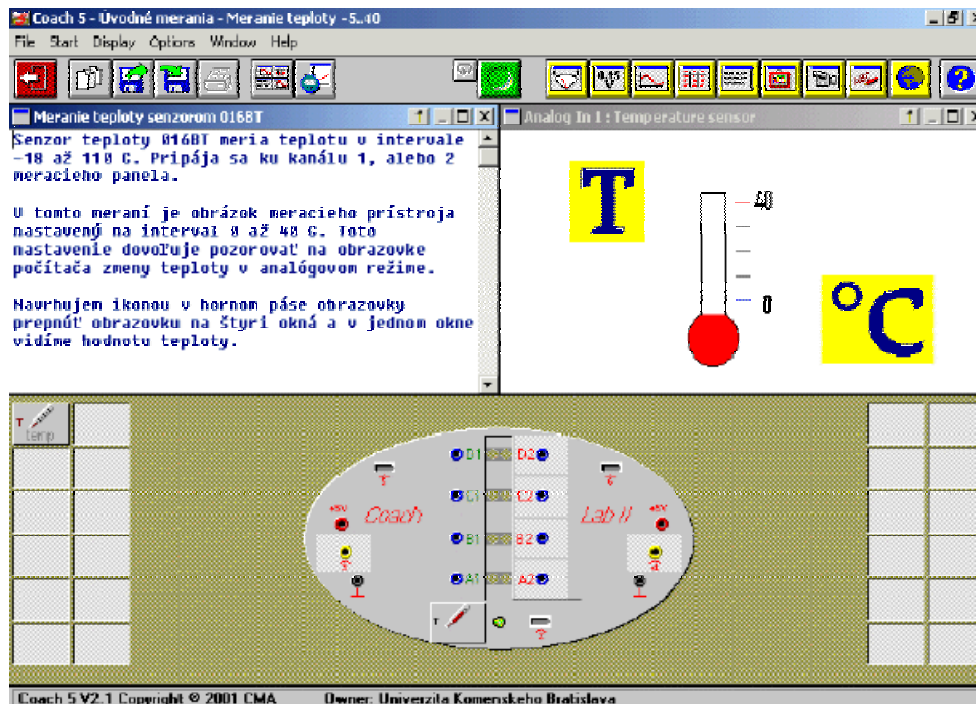


Meranie

Úvod k meraniam s programom Coach 5 a s panelom CoachLab II

Merací panel

Merací panel CoachLab II môže slúžiť na pripojenie maximálne 6 snímačov fyzikálnych veličín. Má dva vstupy na pripojenie pomocou koncovky BT (British Telecom), dva vstupy na pripojenie snímačov pomocou 4 mm banánikov, a jeden vstup zo zadnej časti interfejsu, ktorý umožňuje pripojiť až dve ultrazvukové čidlá pohybu. V Coach 5 je nutné nastaviť prepojenie hardvéru so softvérom. Preto senzory po ich fyzickom zapojení na merací panel CoachLab II musíme inicializovať aj v programe. Na ikonu meracieho panelu v programe je nutné umiestniť na príslušný vstup meracieho panelu ikonu používaného senzora a to jednoducho umiestnením kurzora na ikonu senzora v ľavom dvoj- stĺpci a ťahaním tejto ikony na vstupy označené 1-6. V ľavom dvoj-stĺpci bývajú umiestnené senzory na meranie rôznych fyzikálnych veličín. V pravom dvoj-stĺpci bývajú umiestnené aktívne členy - ovládače ako napr. žiarovka, elektromotorček a pod. Ovládače sa podobným spôsobom umiestňujú na výstupy A2, B2, C2, D2. Senzory ako aj ovládače dokonca aj od rôznych výrobcov je možné si vybrať z knižnice programu. Definovaniu senzorov pre danú aktivitu však bude venovaný samostatný text.




Obr 1. Meranie teploty

Po pripojení jednotlivých snímačov môžeme merací panel skryť a na jeho mieste zobrazíť ďalšie dve okná. To, či je zobrazená ikona meracieho panelu sa nastavuje na hornej lište v ponuke "Okno" - "Window" zaškrtnutím ponuky Panel Window, alebo stlačením ponuky.



Zobrazenie okien

V oknách môžeme zobrazíť návod (text), poznámky, merací prístroj v analógovom tvare, displej (hodnotu veličiny v digitálnom tvare), graf, tabuľku, obrázok alebo video. To čo sa zobrazí v oknách sa definuje pravým kliknutím myši alebo kliknutím na tlačidlo "Toolbox Menu"  v príslušnom z 3-4 okien.

Na zobrazenie jednotlivých nástrojov v oknách slúžia aj žlté tlačidlá na hornej symbolickej ovládacej lište. Odkaz na web stránku môže slúžiť ako linka na relevantnú stránku na internete, ale aj na takmer ľubovoľný súbor v danom počítači.



Obr. 2. Zobrazenie okien


Spustenie a zastavenie merania

Spustenie merania (s prednastavenými charakteristikami merania) sa ovláda zeleným



tlačidlom "Štart". Počas merania sa tlačidlo zmení na červené tlačidlo "Stop", ktorým sa dá meranie kedykoľvek ukončiť. Po uplynutí prednastaveného času, alebo po odobratí vopred stanoveného počtu vzoriek, sa meranie ukončí samostatne.

Spustenie zberu dát zo záznamu

Ak dáta zobrazujeme v Diagrame alebo Tabuľke, môžeme si priebeh ich zberu znovu spustiť zo záznamu . Jazdcom v dialógovom okne sa nastaví, ako dlho má záznam

trvať v rozpätí od 1 s do 10 s. Prehrávanie sa opäť spustí zeleným tlačidlom a zastaví červeným.



Obr. 3. Spustenie dát zo záznamu

Diagram

V programe môžeme jednoduchým spôsobom získať a dáta a zobraziť z nich grafy závislostí. To, ako vytvoriť vlastný Diagram je popísané v texte [Diagram/Tabuľka:Vytvorenie/Úprava](#). Pri demonštráciách pred celou triedou je výhodné zobrazované okno zväčšiť na celú obrazovku Coach 5. Ak v okne Diagramu klikneme pravým tlačidlom myši, alebo klikneme na tlačidlo "Toolbox Menu" objaví sa ponuka spracovania grafu. Jednotlivé funkcie spracovania sú popísané v osobitných textoch.

Okno Poznámok

V aktivite je možné si napísať Poznámky - zhodnotiť výsledky, zapísať podmienky merania, vypísať pomôcky a podobne. Tie môžu byť užitočné aj v iných aktivitách. Ak napr. necháme študentov do Poznámok napísať výsledky zadania a jeho zhodnotenie, grafy a tabuľky uložiť ako obrázky, môžeme ako výstup dostať sériu súborov nezávislých od Coach od každého študenta a bez písania špeciálneho protokolu. Výsledky sa totiž dajú uložiť ako textový súbor *.txt. V otvorenej aktivite sa dajú otvoriť aj Poznámky z inej Aktivity. Ale pozor! Existuje vždy len jedno okno s Poznámkami pre danú Aktivitu (na rozdiel od Textu - Návodu, kde môžu byť viac Textov v jednej Aktivite), preto sa staré poznámky prepíšu novootvorenými.


- Na uloženie Poznámok zvolíte "**Súbor**" - "**File**" >> "**Poznámky**" - "**Notes**" >> "**Uložiť**" - "**Save**" v menu Aktivity/Výsledku.
- Zadajte názov súboru.
- Stlačte OK na potvrdenie



Obr. 4 . Uloženie poznámok

Poznámka: Poznámky nemusia byť zobrazené vo chvíli, keď sa ukladajú. Súbor s Poznámkami sa automaticky ukladá v aktuálnom Projekte. V dialógovom okne sa v ľavej časti zobrazujú už existujúce textové súbory v danom priečinku Projektu. Textový súbor sa dá uložiť na ktorýkoľvek disk a to vyhľadávaním pozície v pravej časti dialógového okna "**Priečinky**" - "**Directories**". Jednoducho sa dá vrátiť do aktuálnemu projektu a to tlačidlom "**Aktuálny Projekt**" - "**Current Project**".

Nastavenie parametrov merania

V dialógovom okne "**Nastavenia merania**" - "**Measurement settings**" môžete definovať ako bude Coach merať. **Vyvolanie ponuky:** Stlačte tlačidlo  alebo **Options >> Measurement settings...**

Dialógové okno pozostáva z dvoch častí:

- I. **Nastavenia času a čítača - Timing/Counter settings** horná časť, s parametrami ako čas merania, frekvencia, počet vzoriek, trvanie vzorkovania. Nie všetky parametre sú dostupné súčasne alebo vo všetkých užívateľských režimoch.
- II. **Nastavenia spúšťania - Trigger settings** spodná časť na špecifikovanie podmienok, kedy má Coach automaticky spustiť meranie.

I. Nastavenia merania: Nastavenia času a čítača

"Čas merania" - "Measuring time"

Definuje sa trvanie merania. (pre všetky typy meraní). Zadajte čas merania a vyberte jednotku času z rolovacej ponuky.

Poznámka: Pri niektorých meracích metódach je toto nastavenie použité len na definovanie rozsahu časovej osi v Diagramoch. Zmena trvania merania nie je úplná, ak zmeníme len nastavenia rozsahu časovej osi v Diagrame.

Upozornenie: Zmena nastavenia času merania spôsobí zmazanie všetkých nameraných grafov a resetuje priblíženie v Diagramoch. Ak si chcete ponechať nameraný výsledok, najskôr si ho uložte.

"Frekvencia merania" - "Frequency"

Určuje, ako často za jednotku času sa zaznamenáva meranie, alebo či sa merania snímajú manuálne - bod po bode, pričom sa zaznamenanie každej hodnoty spustí samostatne.

Často je táto možnosť pred-definovaná a dá sa zmeniť len v pokročilých užívateľských režimoch (pre časové merania).

"Počet vzoriek" - "Number of samples"

Špecifikuje celkový požadovaný počet hodnôt, ktoré sa majú pri meraní zaznamenať. (pre časové manuálne spúšťané merania, resp. s manuálnou frekvenciou a pre impulzné merania).

"Trvanie vzorkovania" - "Sample duration"

Zadáva sa časový interval, počas ktorého sa počítajú impulzy. (pre časové manuálne spúšťané merania s čítačom, resp. s manuálnou frekvenciou a s čítačom).

"Zdroj impulzov" - "Pulse source"

Z ponuky treba špecifikovať vstup, ku ktorému je pripojený čítač. (pre impulzné merania).


"Prvý impulz pri t=0" - "First Pulse at t=0"

Táto možnosť sa využíva, ak chcete, aby bol prvému impulzu v Impulzných typoch meraní priradený čas $t=0$. Inak bude prvý impulz zaznamenaný s časom, ktorý uplynul odkedy bolo stlačené tlačidlo Štart. (pre impulzné merania).

Závislosť Meraní od ich nastavenia


► Pre najčastejšie používané merania tzv. **Časové merania**, sa definuje dĺžka trvania merania a počet vzoriek za definovanú jednotku času (výber z rolovacej ponuky).

► Merania, ktoré majú namiesto frekvencie definovanej počtom odobratých vzoriek za časový interval nastavenú **Manuálnu frekvenciu**, sa označujú ako **Manuálne spúšťané merania**. V týchto aktivitách sa uskutoční vždy len zaznamenanie jednej hodnoty po tom,

ako sa stlačí tlačidlo  alebo kláves <F8>. V zaznamenávaní jednotlivých hodnôt sa potom pokračuje, až kým celkový počet nie je rovný počtu nadefinovaných vzoriek, alebo sa meranie nezastaví tlačidlom Stop.

► Pri takýchto meraniach sa dajú merať hodnoty nielen pomocou senzorov, ale okrem toho je možné **zadávať hodnoty veličín manuálne**, vpisovať ich do Tabuľky. (**Manuálne spúšťané merania s manuálnym zadávaním dát**).


► Okrom tohto typu meraní existujú **Manuálne spúšťané merania s Čítačmi**, pri ktorých sa počítajú impulzy počas definovaného časového intervalu po tom, ako sa stlačí

tlačidlo  alebo kláves <F8>. Vtedy sa nastavuje frekvencia snímania vzoriek ako **Manuálna s čítačmi**. (Čítačom je napr. svetelná brána. Pri definovaní prahových hodnôt sa registruje, či svetlo svieti alebo nie a tieto impulzy sa sčítujú. Svetelné čidlo



zaznamenáva impulzy vychádzajúce zo žiarovky cez otvory kolieska svetelnej brány počas jeho otáčania.).

Nastavenie a vykonanie Manuálne spúšťaných meraní

1. Nastavenie Manuálne spúšťaných meraní (t.j. bez čítačov):


- ▶ Stlačenie tlačidla  alebo **Options >> Measurement settings...**
- ▶ Zadanie **Trvania merania** (určenie hodnoty a výber jednotky času)
- ▶ Nastavenie **Frekvencie** na **Manuálnu**
- ▶ Zadanie **Počtu meraných vzoriek**
- ▶ Potvrdenie nastavení stlačením **OK**.
- ▶ Poznámka: Frekvencia merania je k dispozícii, len ak je typ aktivity nastavený ma Časové merania.


2. Vykonanie Manuálne spúšťaných meraní

- ▶ Jednotlivé merania sa uskutočnia počítačom pre všetky pripojené senzory. Aspoň jeden senzor musí byť pripojený k interfejsu. Hodnoty veličín sa zapamätajú v okamihu ako sa stlačí tlačidlo .
- ▶ Stlačenie zeleného tlačidla Štart
- ▶ Opätovné stlačenie zeleného tlačidla  až pokým sa nedosiahne nastavený počet meraných vzoriek. Potom sa meranie automaticky ukončí.
- ▶ Predčasné ukončenie merania červeným tlačidlom

Nastavenie a vykonanie Manuálne spúšťaných meraní s čítačmi

Nastavenie Manuálne spúšťaných meraní s čítačmi impulzov:

- ▶ Stlačenie tlačidla  alebo **Options >> Measurement settings...**
- ▶ Zadanie **Trvania merania** (určenie hodnoty a výber jednotky času)
- ▶ Nastavenie **Frekvencie** na **Manuálnu s čítačmi (Manual with counters)**
Poznámka: Frekvencia merania je k dispozícii, len ak je typ aktivity nastavený ma Časové merania.
- ▶ Zadanie **Počtu meraných vzoriek**


- ▶ Zadanie dĺžky trvania vzorky a Jednotky z rolovacej ponuky. Stlačením zeleného tlačidla , Coach začne počítať impulzy počas časovému intervalu. Ukončenie tohto časového intervalu môže byť automaticky určené počítačom, alebo manuálne stlačením tlačidla Stop.

Tip: Ak sa má počítanie impulzov zastaviť manuálne, zvolte si **Manuálny Štart/Stop** v rolovacej ponuke **Jednotky** vedľa nastavenia dĺžky trvania. Je to posledná položka z tejto ponuky. Počas merania Coach počíta impulzy, až kým užívateľ nestlačí tlačidlo Stop počítania intervalu.


Nastavenie a vykonanie/ Manuálne spúšťaných meraní so zadávaním údajov

Stĺpec v Diagrame/Tabuľke, pre ktorý si má Coach pýtať od užívateľa manuálne zadanie hodnoty veličiny, musí byť pred meraním vopred pripravený. Inak ide len o bežné Manuálne spúšťané meranie. Pri týchto aktivitách je teda postup nasledovný:

1. Vykonanie Nastavenia merania, pričom je dôležité nastaviť najmä Frekvenciu merania na Manuálnu.

- ▶ Stlačenie tlačidla  alebo **Options >> Measurement settings...**
- ▶ Zadanie Trvania merania (určenie hodnoty a výber jednotky času)
- ▶ Nastavenie **Frekvencie** na **Manuálnu**
- ▶ Zadanie Počtu meraných vzoriek
- ▶ Potvrdenie nastavení stlačením tlačidla OK.
- ▶ Poznámka: Frekvencia merania je k dispozícii, len ak je typ aktivity nastavený na Časové merania.

2. Definovanie **Zapojenia dát v Diagrame/Tabuľke** s Manuálnym vstupom.

- ▶ Stlačenie ikony "Toolbox menu"  alebo pravé kliknutie myšou v okne Diagramu alebo Tabuľky a výber možnosti **Create/Edit**.
- ▶ Výber stĺpca **C1 .. C8**.
- ▶ Nastavenie Zapojenia na **Manuálny vstup**
- ▶ Priradenie názvu Veličiny a Jednotky
- ▶ Ak je to potrebné, môžete týmto postupom definovať viac stĺpcov s Manuálnym vstupom.

3. **Vykonanie Merania**, pričom po každom stlačení zeleného tlačidla si Coach automaticky vypýta hodnotu jednej alebo aj viacerých manuálnych veličín a ukladá ich do toho istého riadku tabuľky.

▶ Stlačenie zeleného tlačidla Štart

▶ Stlačenie zeleného tlačidla 

▶ Zadajte hodnoty veličiny (veličín)

▶ Ak Coach vyžaduje zadanie niekoľkých veličín použite kláves <Tab> na potvrdenie každej hodnoty.

▶ Na potvrdenie vstupu stlačte **OK**.

4. Pokračujte v stláčaní zeleného tlačidla alebo <F8>, až kým nemáte dostatočný počet bodov, zhodujúci sa s Počtom vzoriek definovaných v Nastavení Merania. Potom sa meranie automaticky ukončí.
5. Na predčasné ukončenie merania stlačte červené tlačidlo Stop. *Poznámka:* Aj po predčasnom ukončení merania (Predtým ako sa dosiahol počet vzoriek definovaných v Nastaveniach Merania) môžete pokračovať tam, kde ste prestali. Coach sa Vás po stlačení zeleného tlačidla Štart spýta, či si želáte pridať dáta k existujúcim.

Tipy:

▶ Po skončení merania sa dajú hodnoty zmeniť v Tabuľke.

▶ Pri manuálne spúšťaných meraniach sú často dáta neusporiadané pozdĺž x-ovej súradnice podľa veľkosti, čo môže mať za následok chaotický vzhľad Diagramu. Použite nástroj Usporiadanie (Sort) v ponuke nástrojov Tabuľky po skončení merania.


▶ Ak stlačíte Štart merania a niekoľké merania už boli predtým vykonané, máte možnosť pridávať nové dáta k už existujúcim alebo začať merať odznova.

▶ V čisto Manuálne spúšťaných meraniach so zadávaním dát (bez senzorov), nemusí byť pripojený žiadny hardware k počítaču, ale počítač môže stále zaznamenávať čas.

Poznámka: Pri Manuálne spúšťaných meraniach majú štandardný Diagram a Tabuľka v stĺpci C1 (vodorovná x-ová os) označenie poradia Riadku a veličina je umiestnená v stĺpci C2 (Pava y-ová os).

II. Nastavenia merania: Nastavenia spúšťania

Ide o nastavenie určitého mechanizmu spúšťania merania, prekročením zvolenej hodnoty.

Vyvolanie ponuky: Stlačte tlačidlo  alebo **Options >> Measurement settings...** V dolnej časti dialógového okna je oblasť "Trigger settings" Štandardne nastavenou hodnotou je, že sa meranie spúšťa ihneď po stlačení tlačidla "Štart", teda systém nečaká na žiadny iný impulz pre záznam dát. (**Trigger setting = None**). Môžete si však zvoliť spúšťanie merania pri narastajúcich hodnotách po prekročení nastavenej hodnoty smerom nahor (možnosť **Up**), alebo pri klesajúcich hodnotách môžeme meranie spustiť až po poklese pod určitú hodnotu (možnosť **Down**).

Výber jednej z týchto dvoch ponúk nám aktualizuje aj ďalšiu časť nastavení spúšťania.

V spodnej časti dialógového okna Nastavenia merania sa dá následne zvoliť:

"Kanál" - "Trigger Channel" - Kanál na ktorého hodnotu sa reaguje. V ponuke sú len čidlá, ktoré sú zapojené a nastavené v danej aktivite.

"Hladina spúšťania" - "Trigger level" - Zadáva sa hodnota, ktorá, keď sa prekročí z ľubovoľnej strany (nahor, nadol), meranie sa spustí. Hodnota je v príslušných jednotkách meranej veličiny, teda ako je konkrétny senzor okalibrovaný, teda napr. mA.

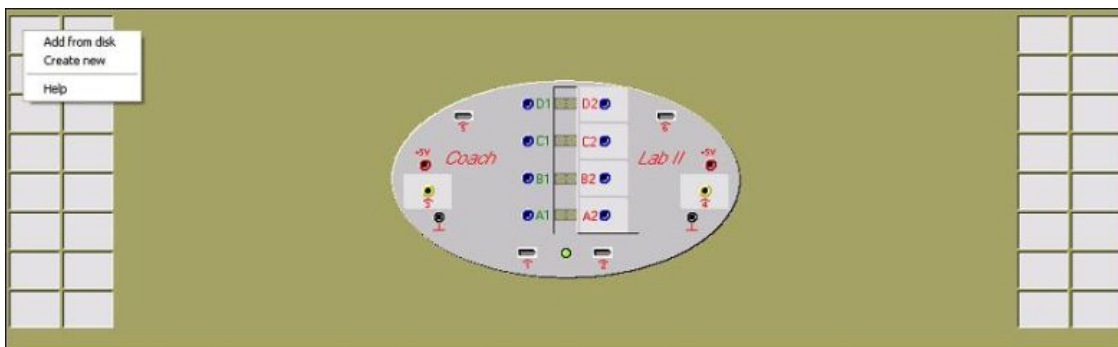
"Čas pred spustením" - "Pre-trigger time" - Je čas, ktorý sa má zobrazovať, pred samotným začatím merania. Teda hodnoty meraných veličín, budú počas tohto obdobia viditeľné. Čas pred spustením však môže byť maximálne rovnaký ako celkový čas merania, nastavený v hornej časti tohto dialógového okna. V tom prípade, je však čas na samotné meranie = 0 s. Teda hodnota času, počas ktorého sa meria je daná ako rozdiel celkového času merania, v hornom okienku, a času pred spustením. Jednotka pri hodnote "pre-trigger time" sa automaticky prispôbuje jednotke uvedenej v hornej časti tohto okna, pri definovaní celkového času merania.

Definovanie čidla v aktivite

V novej aktivite, ktorú vytvárate, je potrebné definovať **senzor**, ktorým vykonávate meranie. V ľavom dvoj-stĺpci ikony meracieho panelu (na **Palette senzorov**) kliknite pravou myšou .

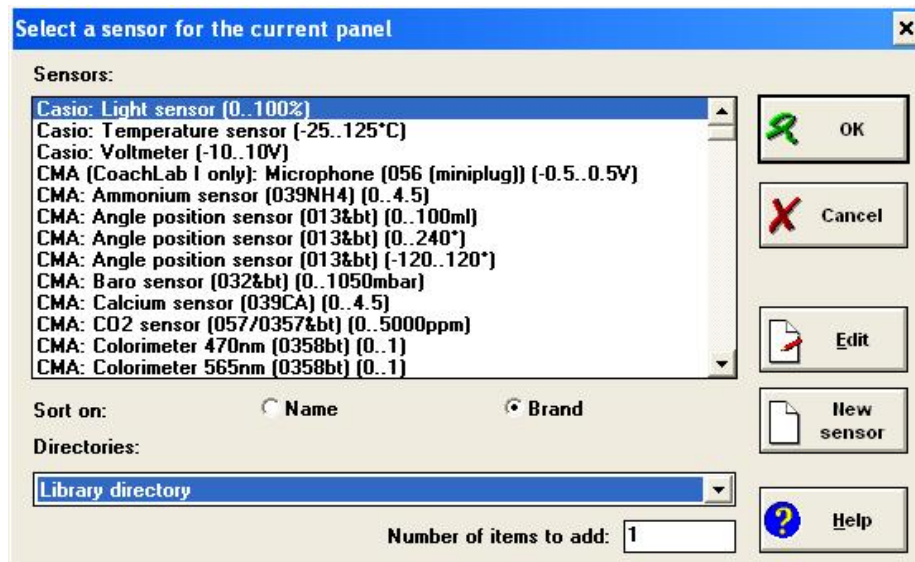
Máte dve možnosti:

1. Vybrať si senzor z **knižnice senzorov** (vo všeobecnosti pre jednoduchosť odporúčame túto možnosť)
2. Vytvoriť si vlastný senzor.



Obr. 5. Výber senzorov

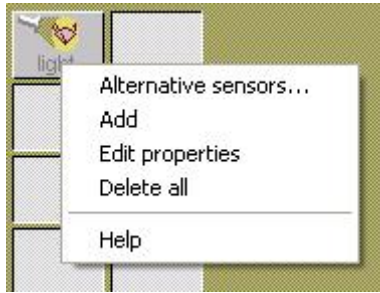
Pri výbere senzora z knižnice sa otvorí dialógové okno so zoznamom senzorov.



Obr. 6 . Zoznam senzorov

- Najskôr je dôležité si vybrať "Adresár" - "Directory". Vo všeobecnosti je prednastavená voľba "Knižnica" - "Library directory" systému Coach. Vo svojom Projekte však môžete mať definované svoje vlastné, alebo upravené senzory. Ak by ste napr. zmenili kalibráciu určitého senzora, alebo jeho rozsah, prípadne zobrazenie meradla, môžete si tieto zmeny uložiť. A tento Vami zadaný senzor použiť aj v inej aktivite toho istého Projektu. Potom volíte ponuku "Aktuálny projekt" - "Current project directory".
- Tento zoznam je možné zoradiť buď podľa "Názvu senzora" - "Sort on Name" alebo podľa "Obchodnej značky" výrobcu - "Sort on Brand". Najčastejšie sa používajú priamo senzory CMA, ale aj Vernier.
- Posúvaním sa v zozname si vyberte príslušný senzor.
- Hneď pri výbere senzora určíte koľko kusov toho istého senzora budete v danej aktivite využívať - v ponuke "Number of items to add". Štandardne je zvolený vždy jeden senzor z daného typu. Horná hranica je limitovaná programom. Ak zadáte príliš veľký počet, systém si počet prispôbi na maximálny prípustný počet.
- Aj v tomto dialógovom okne máte možnosť si definovať "Nový senzor" - "New sensor" alebo "Upraviť" - "Edit" už existujúci senzor. K tejto ponuke sa dá dostať aj neskôr priamo z ikony čidla umiestnenej na Palette senzorov alebo ikone meracieho panelu. Tomu je venovaný nasledovný text.
- Potvrďte výber stlačením OK.

Ak ste si zvolili senzor, je umiestnený na Palette senzorov. Pravým kliknutím myšou na ikone senzora sa zobrazí ponuka:



Obr. 7. Ponuka senzora

Výber alternatívneho senzora pre meranie danej fyzikálnej veličiny

1. Pridanie viacerých kusov toho istého senzora (maximum napr. 3)
2. Úprava vlastností senzora
3. Zmazanie všetkých senzorov tohto typu

Vlastnosti senzora: Prehľad

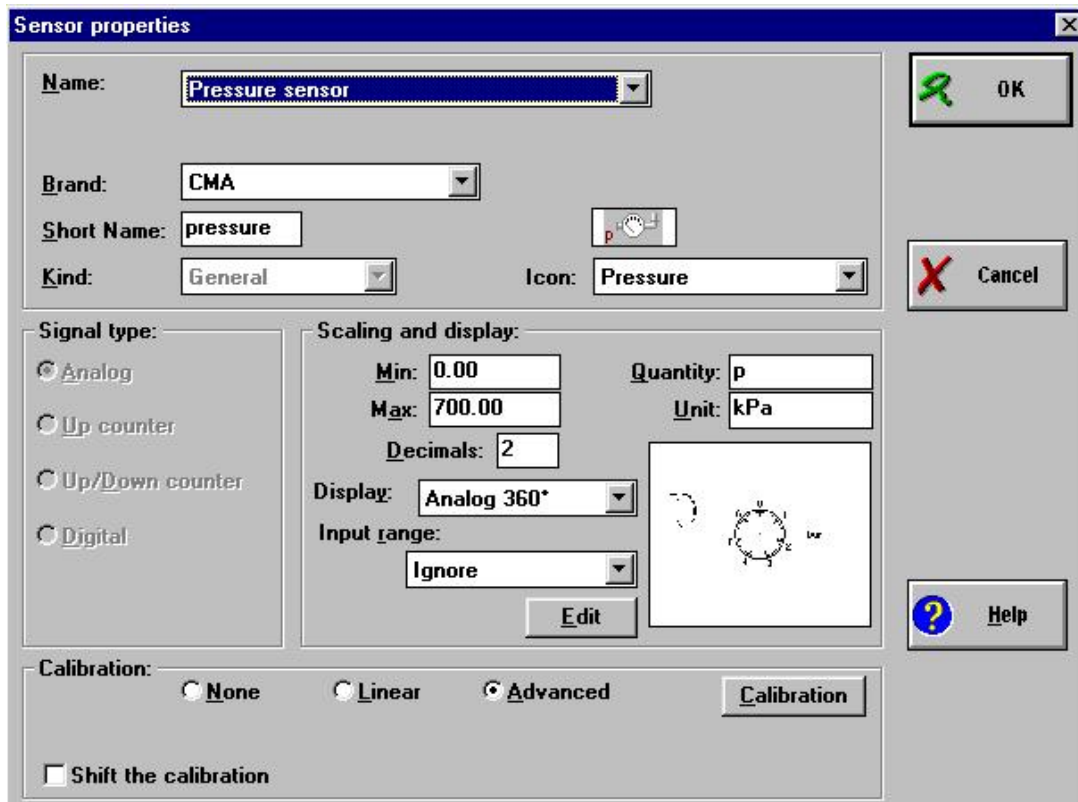
Tento text poskytuje prehľad o možnostiach toho, čo sa dá pri definovaní senzora nastaviť. Nemá zväčša charakter návodu. Dialógové okno "**Vlastnosti senzora**" - "**Sensor-properties**" obsahuje všetky informácie týkajúce sa ikony senzora v Coach.

Vyvolanie ponuky : Právě stlačenie myši na ikone senzora a výber možnosti "**Úprava vlastností**" - "**Edit properties**" alebo právě kliknutie myšou na prázdne miesto palety senzorov a výber "**Vytvor nové**" - "**Create new**".

Dialógové okno "Sensor-properties"- "Vlastnosti senzora" obsahuje štyri časti:

1. **Pomenovanie senzora**: Meno a základná definícia (Sensor naming) (vrchná časť)
2. **Typ signálu senzora** (The sensor's Signal type)(stredná ľavá časť)
3. **Rozsah a zobrazenie** (Scaling and Display) (stredná pravá časť).
Tu sa nastavuje merací rozsah senzora a zobrazenie meradla senzora (napr. ako sa zobrazí senzor v Diagrame). Pre digitálne senzory táto časť je nahradená Textom v ikone.

4. Kalibrácia (spodná časť)



Obr. 8. Vlastnosti senzora

Vlastnosti senzora: Pomenovanie senzora

Meno, základná definícia čidla a ikona čidla sú zobrazené v okienku nástrojov. Okienko nástrojov definuje: názov čidla, číslo prvku, obchodnú značka, jeho merací rozsah. Číslo prvku je uvedené len pre senzory CMA a nemôžu byť zmenené užívateľom. Informácia v tomto dialógovom okne jednoznačne definuje, ktorý senzor sa má použiť pri meraní.

Príklad: Temperature sensor (016&bt) (CMA) (-18..110°C)

Závisí na režime užívateľa, ktoré políčka sú dostupné danému užívateľovi. Prvky pre starších študentov sú označené ako "Pokročilé"- "Advanced".

"Názov" - "Name" - Celý názov senzora. Ak chcete sami definovať nový senzor vyberte si v ponuke "Name = Self-defined sensor". V okne, ktoré sa zobrazí zadajte názov nového senzora.

"Krátky názov" - "Short name" - Ak je senzor umiestnený na Palette senzorov (lišta vľavo), zobrazí sa iba jeho krátky názov na ikone senzora. Ak je ikona senzora

premiestnená na Paneli - schéme interfejsu, zobrazuje sa na nej aktuálna hodnota meranej veličiny, zatiaľ, čo krátky názov signalizuje jej pôvodné miesto na Palette senzorov.

"Ikona" - "Icon" - Obrázok, ktorý reprezentuje daný senzor. Nastavenie ikony je určené podľa toho, do ktorej skupiny senzorov daný senzor patrí. Senzory s rovnakou ikonou sú navzájom alternatívne senzory.

"Obchodná značka" - "Brand" (Pokročilý stupeň) - Značka senzora ako napr. "CMA", "Vernier" alebo "Self-made - Vlastný" je zobrazený v okienku nástrojov. Toto rozdelenie má len informatívnu hodnotu pre užívateľa. Zoznam senzorov v knižnici môže byť zoradený v abecednom poradí podľa Názvu alebo podľa Obchodnej značky.

"Druh" - "Kind" (Pokročilý stupeň) - Na výber sú k dispozícii štyri rôzne druhy senzorov. Pre väčšinu senzorov sa vzťahuje všeobecné nastavenie: "General".

General: takmer všetky senzory patria do tejto skupiny.

Žltý: iba pre žlté senzory LEGO DACTA.

Modrý: iba pre modré senzory LEGO DACTA.

Sonar: pre ultrazvukové senzory.

Poznámka: Políčko Druh je dostupné len v prípade, ak boli vlastnosti senzorov vyvolané tak, že všetky senzory daného typu sú umiestnené na Palette senzorov (Žiadny nie je na meracom Paneli).

Vlastnosti senzora: Typ signálu senzora

Každému senzoru by mal byť nastavený vhodný Typ signálu. To, ktoré typy signálov sú k dispozícii závisí na druhu interfejsu.

Poznámka: Nastavenie signálneho typu je možné iba, ak je ikona senzora na Palette senzorov, uistite sa, že žiadna ikona senzora nie je umiestnená na meracom Paneli.

"Analog" - Väčšina senzorov sú tohto typu. Toto nastavenie sa používa pre senzory, ktoré merajú analógové (plynulo sa meniace) veličiny.

"Jednosmerný čítač" - "Up-counter" - Jednosmerný čítač sčítava impulzy. Tieto čítače však nie sú schopné rozlišovať smer: všetky impulzy sa spolu sčítavajú (napr. pre kladku sa sčítavajú nezávisle na smere otáčania). To, čo sa definuje ako impulz, závisí na nastavení medze - "Threshold".

Tento signálny typ sa používa na počítanie impulzov (GM detektor; Kladka) alebo pre Impulzné merania - "Event-based measurements".

"Dvojsmerný čítač" - "Up/Down-counter" - Dvojsmerný čítač počítava impulzy, ale rozlišuje aj smer. V závislosti od smeru, impulzy sa buď sčítavajú alebo odčítavajú. Tento typ senzora je veľmi zriedkavý a je podporovaný len interfejsom CoachLab II. To, čo sa definuje ako impulz závisí na nastavení medze - "Threshold".

"Digital" - Tento typ senzora je tiež veľmi zriedkavý a podporovaný len pri riadiacich činnostiach.

Signál senzora pozostáva z niekoľkých diskretných stavov v závislosti na počte zvolených bitov. (Bity = 1: 2 stavy; Bity = 2: 4 stavy, atď.)

- V položke Bity, zvolíte počet bitov.

- Zvoľte stav.
- Stlačte tlačidlo Edit pre vloženie textu pre daný stav.

Opakujte predchádzajúce dva kroky na priradenie textu všetkým stavom.

Príklad: pre tlačidlo "Tlačiť" - "Push": Stav = 1, Text = hore, Stav = 0, Text = dole
Poznámka: Ak nie je stavu digitálneho senzora priradený žiadny text, Coach zobrazí hodnotu bitu daného stavu.

Vlastnosti senzora: Rozsah a zobrazenie

Tieto nastavenia rozsahu senzora sú použité, keď je signál senzora zobrazovaný v Diagrame. Zadaťte:

Min - minimálna hodnota senzora.

Max - maximálna hodnota senzora.

"Veličina" - **"Quantity"** - veličina, ktorú senzor meria.

"Jednotka" - **"Unit"** - jednotka meranej veličiny.

"Desatinné miesta" - **"Decimals"** - počet desatinných miest. Počet desatinných miest sa využíva pri zobrazení ikony senzora, diagramu, tabuľky a zobrazení hodnoty v špeciálnom okne. (Digitálna hodnota).

Tip: Okrem tohto nastavenia desatinných miest, Diagramy a Tabuľky majú svoje vlastné nastavenia, ktoré zmenia nastavenia senzora pre danú Tabuľku alebo Diagram.

"Zobrazenie" - **"Display"** - Každý senzor má svoje vlastné meradlo "Meter" na zobrazenie hodnoty na ňom. Pomocou ponuky "Display" si môžete zvoliť základný vzhl'ad meradla. Je možné dokresliť okolie tohto zobrazenia a urobiť ho tak atraktívnejšie na pohľad. Väčšina senzorov v knižnici senzorov už má takéto vyzdobené meradlo. Vyberte si vhodný základný typ zobrazenia meradla. Stlačte tlačidlo Edit pre úpravu jeho vzhl'adu. Tento postup spustí grafický program, ktorý máte nastavený na otváranie obrázkov typu *.BMP. Aj výsledný súbor je podobný typu *.BMP, ale má príponu *.MPL, ktorú mu treba ponechať. (napr.mtr001.mpl) V danom programe upravujete obrázok okolo zobrazeného meradla. Obrázok treba uložiť v danom grafickom programe. Nesmiete zmeniť príponu súboru! Obrázok senzora sa uloží pod daný projekt ku konkrétnej aktivite ako jedna z jej súčastí.

Poznámka: Počas toho, čo je otvorený grafický program, Coach je neaktívny.

"Vstupný rozsah" - **"Input range"** - Definovanie vstupného rozsahu senzora je nutné na to, aby senzor a merací panel dokázali spolupracovať. Vstupný rozsah sa dá nastaviť len pre analógové senzory, ktoré využívajú vstup interfejsu, ktorý podporuje rôzne rozsahy. Ak nastavíte rozsah, ktorý interfejs nepodporuje, automaticky sa nastaví najbližší použiteľný rozsah.

Tip: Vo väčšine prípadov ponechajte prednastavené parametre nezmenené (t.j Input range = Ignore).

Pre CoachLab II & CBL

Nastavenie vstupného rozsahu sa týka len senzorov s pripojením na BT vstupy interfejsu. Sensory s BT konektorom majú dve rôzne svorky: jednu v rozsahu 0..5 V a jednu -10..10 V. Závisí na konkrétnom senzore, ktorý typ je preň vhodnejší. Ak senzor nedáva správny signál s prednastaveným vstupným rozsahom nastavte rozsah -10..10 V. Pre CoachLab II, vstupný rozsah -1..1 V bude automaticky prispôsobený na -10 .. 10 V, vstupný rozsah 0..1 V sa zmení na 0.. 5 V.

Meňte tieto nastavenia, iba ak si chcete sami definovať vlastné senzory. Inak ich nie je potrebné meniť, ponechajte prednastavené parametre.

Vlastnosti čidla: Kalibrácia

Kalibrácia udáva vzťah medzi hodnotami napätia vytváranými senzorom (alebo hodnotami čítača) a hodnotami meranej veličiny. Pomocou tohto vzťahu je Coach schopný zobrazovať merané dáta v správnej veličine a jednotke.

Vyvolanie ponuky - Právě kliknutie myšou na ikonu senzora a výber "**Úprava vlastností**" - "**Edit properties**".

- **Kalibrácia = žiadna - Calibration = None.** Zobrazuje sa napät'ový signál senzora. (nekalibrovaný). V dolnej časti okna vlastností senzora zvolte možnosť "Žiadna" - "None".
- **Kalibrácia = lineárna - Calibration = Linear.** Lineárna kalibrácia je určená dvomi kalibračnými bodmi (X0, Y0) a (X1, Y1). Používa sa na kalibráciu senzorov, ktorých napät'ové hodnoty sa menia lineárne s meranými hodnotami, alebo na kalibráciu čítačov.
X0 je napätie (alebo hodnota čítača) zodpovedajúca hodnote meranej veličiny Y0.
X1 je napätie (alebo hodnota čítača) zodpovedajúca hodnote meranej veličiny Y1.

V dolnej časti okna vlastností senzora zvolte možnosť "Lineárna" - "Linear". Zadáajte súradnice dvoch kalibračných bodov.

Tipy:

Ak kalibrujete senzor na Paneli, objaví sa v pravej časti okna "Vlastnosti senzora" digitálny voltmeter. Tento voltmeter zobrazuje aktuálne hodnoty napätia na senzore alebo aktuálnu hodnotu čítača. Táto informácia je veľmi užitočná počas kalibrácie. Kalibrácia bude presnejšia, ak sú kalibračné body ďalej od seba.

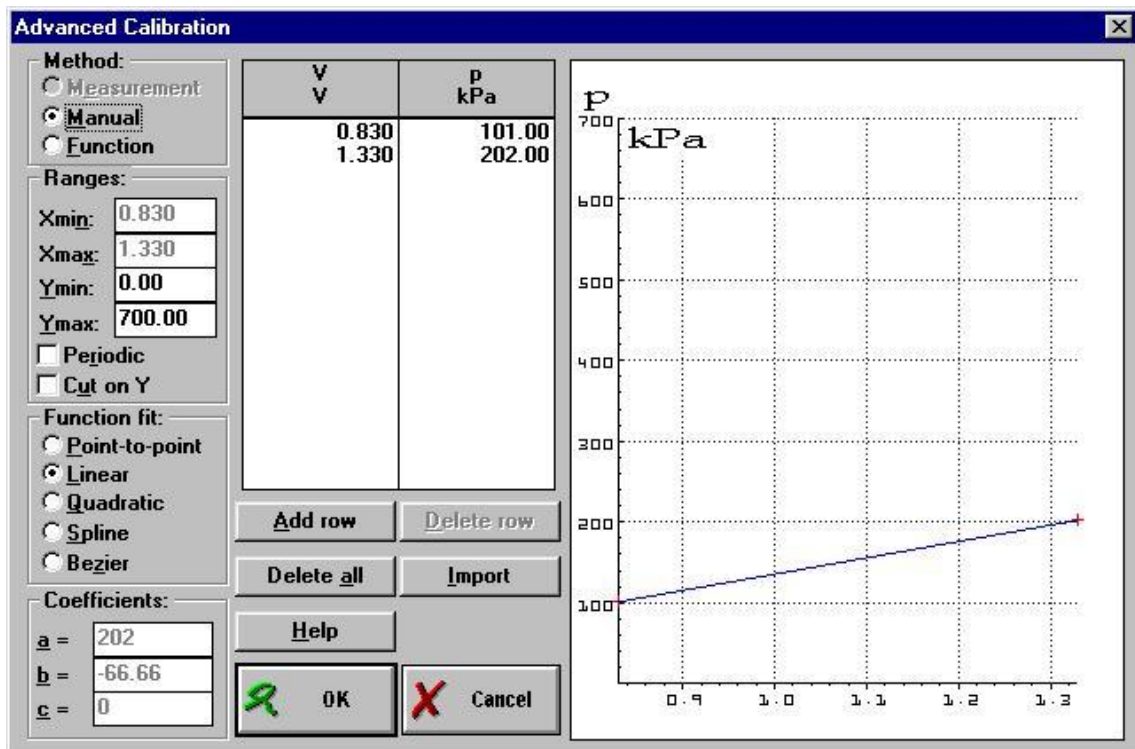
- **Posunutie kalibrácie**

Ak je hodnota okalibrovaného senzora systematicky príliš vysoká alebo príliš nízka, môžete posunúť kalibračnú čiaru cez tretí kalibračný bod. Možnosť posunutia funguje aj pre Lineárnu aj pre Pokročilú kalibráciu. V dolnej časti okna Vlastností senzora zvolte možnosť "Posuň kalibráciu" - "Shift the calibration". Zadáajte súradnice tretieho kalibračného bodu (X, Y). Smernica kalibračného bodu zostáva rovnaká.

Poznámka: Ak sa rozsah senzora podstatne zmení, môže byť nutné prispôbiť minimálnu a maximálnu hodnotu.

- **Náročnejšia Kalibrácia – úvod**

Vyvolanie ponuky - Právě kliknutie myšou na ikonu senzora a výber "**Úprava vlastností**"-"**Edit properties**". V dolnej časti okna vlastností senzora zvolíte možnosť "**Pokročilá**" - "**Advanced**". Zvoľte tlačidlo "**Calibration**".



Obr. 9. Kalibrácia senzora

V okne Pokročilej kalibrácie môžete meniť a vytvárať náročnejšiu kalibráciu (napr. pre nelineárne senzory). Nové okno ukazuje tabuľku s kalibračnými hodnotami a kalibračný graf. Existujú 3 kalibračné metódy, alebo sa dá vložiť kalibrácia z verzie IP-Coach 4. Tieto kalibračné metódy sú nasledovné:

Meranie: aktuálne hodnoty napätia sa merajú senzorom a zodpovedajúce hodnoty veličiny sa zadávajú ručne. (Táto možnosť je k dispozícii len ak je ikona senzora umiestnená na meracom paneli.)

Manuálna kalibrácia: zadávajú sa aj hodnoty aj napätia aj hodnoty meranej veličiny. (napr. z kalibračnej tabuľky v knihe a pod.)

Funkcia: zadávajú sa kalibračné koeficienty jednej zo štandardných kalibračných funkcií v spodnej časti kalibračného dialógového okna.

Kroky kalibrácie:

- Vyberte si kalibračnú metódu: *Meranie*, *Manuálnu kalibráciu* alebo *Funkciu*.
- V položke "Rozsah" - "Range", zadajte hodnotu rozsahu x-ovej zložky (ak je k dispozícii) a y-ovej zložky.
- Ak je to žiadúce môžete vybrať možnosť *Periodická* a/alebo *Zrezaná v Y-ovej hodnote* (Periodic and/or Cut on Y).
- Vyberte si požadovanú funkciu fitovania: *Od-Bodu-k-bodu*; *Lineárna*; *Kvadratická*; *Spline*; *Bezier*.
- Poznámka: Najčastejším nastavením je Meranie a Lineárna funkcia fitovania nameraných bodov (prednastavená voľba). Rozsah si väčšinou Coach zvolí sám, charakteristický pre daný senzor. Koeficienty sa zadávajú len pri voľbe typu kalibrácie Funkciou. V prípade Merania a Manuálnej kalibrácie Coach počíta kalibračné koeficienty sám. Väčšinou sa netreba trápiť teda týmito nastaveniami a rovno pristúpiť k samotnej kalibrácii meraním.

Prevedenie kalibrácie:

- Vykonajte kalibračné merania;
- alebo zadajte hodnoty;
- alebo zadajte koeficienty kalibračnej funkcie;
- alebo vložte kalibráciu z IP-Coach 4
- ak je to potrebné zmažte kalibračný bod.

Existuje aj možnosť kliknutia na tlačidlo **Test** a zobrazí sa aktuálna hodnota napätia senzora (hodnota čítača) a hodnota meranej veličiny.

Stlačte **OK** na ukončenie Pokročilej kalibrácie a pre začatie práce s nastavenou kalibráciou. Uložte výsledok aktivity, aby ste zachovali kalibráciu.

Tip: Aj pokročilá kalibrácia sa dá posunúť cez jeden dodatočný kalibračný bod. Tvar kalibračnej krivky zostáva rovnaký.

Pokročilá kalibrácia: Meranie

Vyvolanie ponuky - Pravé kliknutie myšou na ikonu senzora a výber "**Úprava vlastností**"-"**Edit properties**". V dolnej časti okna vlastností senzora zvolte možnosť "**Pokročilá**" - "**Advanced**". Zvoľte tlačidlo "**Calibration**". V okne pokročilej kalibrácie zvolte metódu: "**Meranie**" -"**Measurement**".

Počas kalibrácie Meraním je senzorom meraná aktuálna hodnota napätia a zodpovedajúca veličina sa ručne zadáva. Toto je jediná presná metóda kalibrácie daného senzora.

Táto možnosť je dostupná iba ak je ikona senzora umiestnená na meracom paneli!

Prevedenie kalibrácie

- Uistite sa, že experimentálne zariadenie je pripravené a majte k dispozícii nástroje, určujúce skutočné hodnoty meraných veličín. (napr. pri meraní teploty teplomer, alebo využitie znalosti teploty bodu topenia a varu vody).
- Ak je to potrebné, zadajte y-ovú súradnicu rozsahu senzora.
- Vyberte si požadovanú Fitovaciú funkciu: Lineárnu; Kvadratickú; Spline; Bezier.
Poznámka: V prípade, že bola vybraná Lineárna alebo Kvadratická funkcia, zobrazia sa najlepšie vypočítané hodnoty kalibračných koeficientov.
- Nastavte sústavu, pomocou ktorej kalibrujete na odobratie prvej hodnoty. (pri kalibrácii tlakového senzora pomocou injekčnej striekačky - nastavenie určitého objemu v striekačke napr. pri atmosférickom tlaku, alebo určitú teplotu vody).
- Kliknite na tlačidlo "Pridať riadok"- "Add row". Aktuálna hodnota napätia sa zobrazí v políčku určenom pre napätie. Ak je to nutné, počkajte chvíľu na stabilizovanie hodnoty napätia.
- Kliknite na políčko pre zadávanú hodnotu (v tom momente sa stanoví hodnota napätia).
- Zadajte patričnú hodnotu veličiny.
- Stlačte OK a kalibračný bod sa pridá do tabuľky a kalibračného diagramu.
- Zmeňte fyzikálne podmienky kalibračnej sústavy (zmenou objemu v striekačke vzrastie tlak, ohriatím alebo ochladením vody)
- Zopakujte predchádzajúce 4 kroky, pokiaľ nedostanete dostatočné množstvo bodov. Čo sa rozumie pod dostatočným počtom bodov závisí na senzore, ktorý kalibrujeme a na veličine, ktorú chceme merať. Pre lineárnu kalibráciu stačia dva body, zatiaľ, čo pre nelineárnu krivku je potrebný veľký počet bodov z celého rozsahu napätia daného senzora.

Opäť sa dajú skontrolovať aktuálne hodnoty napätia senzora (hodnota čítača) a hodnota meranej veličiny kliknutím na tlačidlo **Test**.

Meracie metódy: Prehľad

V Coach existujú rôzne metódy merania. Teraz si jednotlivé metódy stručne popíšeme.

Časové merania

V tomto móde sú merania uskutočňované v pravidelných časových intervaloch, pričom **čas je nezávislou premennou** a merané hodnoty sú závislé premenné.

Jednotlivé body merania sa nachádzajú v rovnakých časových úsekoch od seba.

Časové merania môžu byť uskutočňované "On-line" (t.j. sieťovo - s interfejsom pripojeným k počítaču počas merania) alebo "Off-line" (t.j. k zaznamenaniu nameraných dát je použitý Dáta logger, ktorý nemusí byť pripojený k počítaču).

Väčšina meraní (cca. 90%) je tohto typu.

Poznámka: Časové merania s Programom sú použiteľné aj pre veľa Riadiacich aktivít.

Manuálne spúšťané merania.

S týmto pojmom sa spája niekoľko meracích metód, v ktorých sa meranie uskutočňuje **kliknutím tlačidla pre každú meranú hodnotu zvlášť**.

Pri manuálne spúšťanom meraní **so zadávaním údajov** sa musia zadávať jednotlivé hodnoty jednej alebo viacerých veličín. (napr. merame tlak a zadávame hodnoty objemu pri Boyle-ovom experimente).

Ak sa používa Čítač, pulzy môžu byť počítané počas určitého časového intervalu následne po stlačení tlačidla.

Impulzné merania

V tejto meracej metóde sú merania uskutočňované vždy, keď Čítač zaznamená nejaký impulz (udalosť). Impulzné merania sa používajú pri meraní času, v ktorom nejaká udalosť nastala, alebo pri meraní nejakej inej veličiny, ktorá je závislá na danom impulze (udalosti).

Impulz je nezávislá veličina a všetky ostatné (aj čas) sú závislé veličiny. Veľmi často sa na generovanie impulzov používa svetelná brána, ale aj iné senzory sa dajú použiť.

Tip:

Nastavenia impulzov je možné meniť, t.j. je možné špecifikovať podmienky, kedy je signál považovaný za impulz.

Poznámka: Pre impulzné merania musí byť použitý interfejs so vstupom pre čítač.

Obsah

Úvod	2
1. Zmena objemu a hustoty kvapalín s teplotou	3
1.1. Závislosť objemu vody od teploty – anomália vody	3
1.2. Závislosť hustoty vody od teploty – anomália vody	6
2. Tepelná kapacita, hmotnostná tepelná kapacita	8
2.1. Teplo a zmena teploty.....	8
2.2. Teplo a hmotnosť.....	9
2.3. Teplo a odlišné látky.....	11
2.4. Zákon zachovania energie pri tepelnej výmene	14
2.5. Hmotnostná tepelná kapacita kovov.....	15
3. Zmeny skupenstva	18
3.1. Vplyv dodávania tepla na bod topenia ľadu	18
3.2. Teplota topenia tiosíranu sodného.....	19
3.3. Prechladenie tiosíranu sodného	21
3.4. Topenie a tuhnutie parafínu.....	22
3.5. Krivka chladnutia Woodovho kovu.....	24
3.6. Hmotnostné skupenské teplo topenia ľadu.....	25
3.7. Vplyv soli na teplotu topenia ľadu	27
3.8. Vplyv nemrznúcej zmesi na teplotu topenia ľadu	28
3.9. Vplyv vyparovania etylalkoholu na jeho teplotu.....	29
3.10. Nezávislosť teploty varu vody od dodávaného tepla.....	30
3.11. Závislosť teploty varu od vonkajšieho tlaku	31
3.12. Teplota varu zmesi vody a etylénglykolu.....	33
3.13. Hmotnostné skupenské teplo varu vody.....	34
3.14. Časový priebeh teploty pri zmenách skupenstiev vody.....	36
4. Tepelné deje v plynách.....	40
4.1. Izotermický dej v ideálnom plyne	40
4.2. Izochorický dej v ideálnom plyne	41
4.3. Izobarický dej v ideálnom plyne	43
Zoznam použitej literatúry	46

ÚVOD

Školský fyzikálny experiment patrí medzi najdôležitejšie formy sprístupňovania poznatkov o prírode. Prostredníctvom fyzikálneho experimentu žiakom odhaľujeme tým najbezprostrednejším spôsobom zákonitosti správania sa prírody. Žiak sa pritom môže spolupodieľať na objavovaní preňho neznámych poznatkov, javov a zákonov. Z toho hľadiska kľúčovú úlohu zohráva otázka fyzikálnych meraní, prostredníctvom ktorých získavame dáta o správaní sa vybraného objektu. Namerané dáta je potrebné spracovať, analyzovať a interpretovať. Počítač, ktorý je dnes neodmysliteľnou súčasťou nášho života, môže pri vhodnom technickom vybavení slúžiť ako efektívny nástroj práve pre zber a spracovanie dát z fyzikálneho experimentu. K týmto činnostiam je potrebné počítač vybaviť kartou rozhrania (interfejsom), sadou senzorov, ktoré transformujú rôzne fyzikálne veličiny na napätie a vhodným programovým prostredím, ktoré zosúladí jednotlivé činnosti, ako snímanie dát, spracovanie, príp. modelovanie fyzikálnych javov, umožňuje zobrazit' namerané údaje v priebehu merania v tabuľkách, grafoch, ďalej ich spracovávať a analyzovať, derivovať, integrovať, filtrovať, vyhladiť, fitovať analytickými funkciami, a pod. Takéto počítačom podporované experimenty môžu byť realizované v školských podmienkach či už vo forme demonštračného experimentu alebo vo forme samostatnej aktívnej činnosti žiakov, akou je napr. laboratórna práca. Výhodou je pritom fakt, že samotné meranie a príslušná grafická prezentácia prebiehajú súčasne, čo umožňuje okamžitú spätnú väzbu na experiment. Pri akejkoľvek zmene podmienok merania je možné pozorovať jej vplyv na grafický priebeh merania, čo má dokázateľný vplyv na schopnosť pracovať s grafmi fyzikálnych závislostí. Navyše, počítačom podporované meranie umožňuje praktické, časovo nenáročné spracovanie výsledkov merania pri využití nástrojov príslušného prostredia. Ušetrený čas je možné venovať hlbšej analýze a pochopeniu podstaty sledovaného fyzikálneho javu.

Tento učebný text predstavuje podrobné návody na realizáciu počítačom podporovaných experimentov z termiky a termodynamiky, ktoré boli pripravené a zrealizované v holandskom systéme IP COACH. Každý experiment je zostavený s nasledujúcou štruktúrou:

Fyzikálny princíp – obsahuje fyzikálne vysvetlenie javu, ktorý je obsahom experimentu.

Cieľ – deklaruje úlohy a zámery príslušného experimentu.

Pomôcky – udávajú potrebné prístroje a zariadenia potrebné k realizácii experimentu.

Postup – stručne popisuje postupnosť krokov pri uskutočňovaní experimentu.

Poznámka – uvádzaná pri niektorých experimentoch upozorňuje na možné problémy, ktoré môžu pri realizácii vzniknúť.

Otázky – niektoré experimenty sú doplnené otázkami, ktoré súvisia s podrobnejšou analýzou fyzikálneho javu.

Každý experiment je ilustrovaný obrázkom zostavy experimentu a taktiež konkrétnymi hotovými výsledkami získanými meraním.

Experimenty uvedené v tomto učebnom texte sú doplnené súbormi pripravenými v prostredí IP COACH, ktoré sú pripravené ako hotové aktivity, otvorením ktorých v prostredí IP COACH získa užívateľ všetky potrebné nastavenia grafov, tabuliek, textov, obrázkov k priamej realizácii experimentu. Niektoré z experimentov sú doplnené výsledkami meraní. Všetky uvedené súbory, či už nastavení alebo výsledkov nájde užívateľ na CD, ktoré je súčasťou tejto publikácie.

1. Zmena objemu a hustoty kvapalín s teplotou

1.1. Závislosť objemu vody od teploty – anomália vody

Fyzikálny princíp:

Pre objem kvapaliny V pri určitej teplote, ktorá sa od pôvodnej teploty, pri ktorej má kvapalina objem V_0 , líši o malý teplotný rozdiel Δt , platí $V = V_0(1 + \beta\Delta t)$ (1.1), kde 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 ochladzovaní v rámci tohoto intervalu sa jej objem zväčšuje. Pri teplotách väčších ako $3,98^\circ\text{C}$ sa objem vody s rastúcou teplotou zväčšuje.

Cieľ:

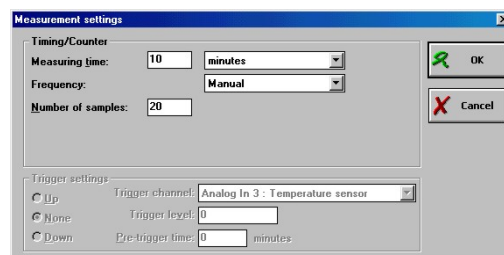
Ukázať ako sa mení objem vody v závislosti od teploty.

Pomôcky:

veľká nádoba (2 l), banka (1 l), rozdrvený ľad, soľ, voda, gumená zátka, sklenená trubička s vnútorným priemerom $d=3\text{mm}$, pravítko, stojan s držiakom, magnetická miešačka s ohrievačom, teplotná sonda, počítač so systémom Coach5 a meracím panelom CoachLabII

Postup:

1. V projekte *Exploring Physics* otvoríme súbor *Anomália vody1*. Ak súbor pripravený nemáme, otvoríme nový súbor-úlohu, v ktorej na kanál 3 (resp.1) pripojíme teplotnú sondu. Dobu merania nastavíme na 10min. Keďže budeme merať výšku stĺpca vody v trubičke ručne a budeme ju zadávať z klávesnice, nastavíme frekvenciu snímania



obr.1.1 Nastavenie parametrov merania

na *Manual* (*Vlastné-ručne*) a počet meraní nastavíme v ponuke *Number of samples* (*Počet vzoriek*) napr. na 20 (obr.1.1). Do jedného z okien môžeme zobraziť hodnoty teploty v digitálnej podobe pomocou ponuky *Displej*, ktorú vyvoláme stlačením pravého tlačidla myši alebo kliknutím na príslušnú ikonu na hornom paneli. Nastavíme osi grafov závislosti teploty od času a výšky vodného stĺpca od času, resp. graf závislosti výšky vodného stĺpca od teploty vody.

1. Zmena objemu a hustoty kvapalín s teplotou

2. Pomôcky zostavíme podľa schémy (obr.1.2).

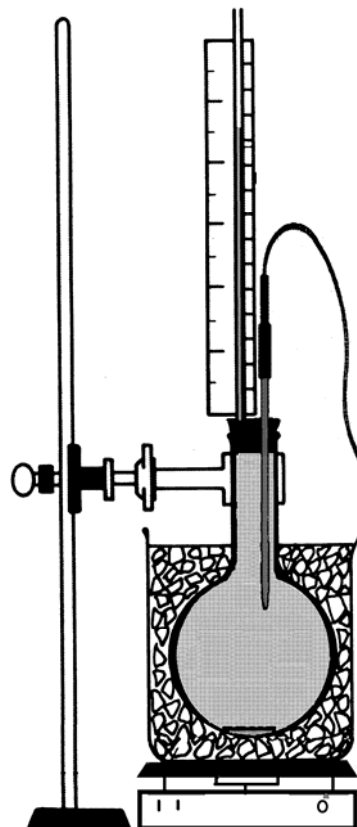
Sklenenú banku (1l) úplne naplníme čo najchladnejšou vodou. Do banky vložíme magnetickú miešaciu tyčinku. Banku uzavrieme zátkou, v ktorej je vodotesne upevnená sklenená trubička a teplotná sonda. Zátku poriadne zatlačíme, aby v banke nezostal vzduch nad hladinou vody ani vzduchové bubliny na stenách nádoby a aby voda v sklenenej rúrke vystúpila asi 15cm nad zátku. Vodu v banke ochladíme na 0°C napr. tak, že vložíme banku do nádoby, v ktorej je zmes ľadu, vody a kuchynskej soli. Celú túto sústavu položíme na magnetickú miešačku.

3. Stlačením zeleného tlačidla spustíme meranie.

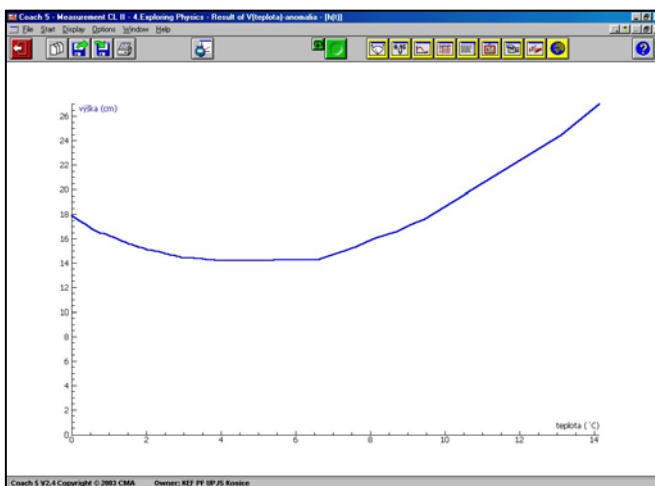
Vodu v banke začneme premiešavať zapnutím miešačky, občas premiešame aj chladiacu zmes. Aktuálna teplota vody v banke sa zobrazuje na obrazovke monitora veľkými číslicami. Keď klesne teplota vody na 0°C ,

vyberieme banku z chladiacej zmesi, poutierame ju a po odložení nádoby s chladiacou zmesou, položíme opäť na zapnutú miešačku. Vodu necháme voľne

na vzduchu pomaly zohrievať (na chvíľu môžeme zapnúť ohrievanie na magnetickej miešačke). Pri pozorovateľnej zmene výšky hladiny vody v sklenenej trubičke (napr. 1mm) zaznamenáme odmerané hodnoty výšky vodného stĺpca nasledovne. Opätovným stlačením zeleného tlačidla sa objaví okno, do ktorého prostredníctvom klávesnice zapíšeme odmeranú hodnotu výšky vodného stĺpca v trubičke. Tento postup opakujeme niekoľkokrát, pričom meranie môžeme kedykoľvek ukončiť, najlepšie vtedy, ak sa voda zohreje na izbovú teplotu.



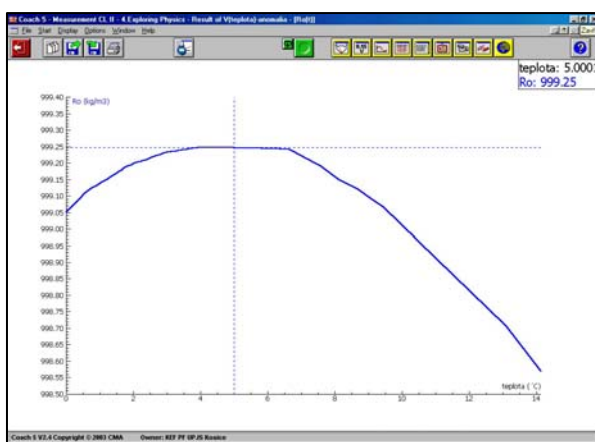
obr.1.2 Schéma zostavy na meranie závislosti objemu kvapalín na teplote.



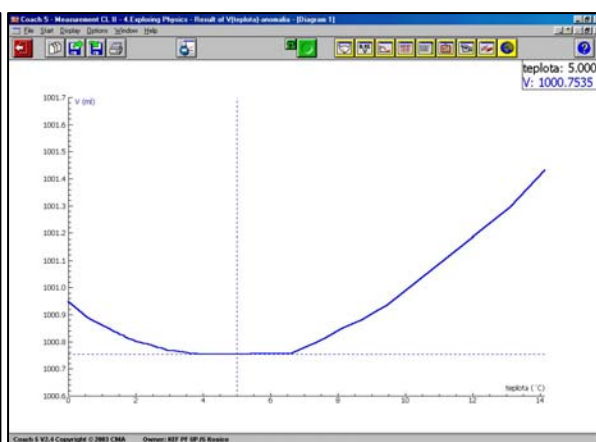
obr. 1.3 Graf závislosti výšky hladiny vody nad zátkou v sklenenej trubičke od teploty.

1. Zmena objemu a hustoty kvapalín s teplotou

4. Z nameraných hodnôt výšky vodného stĺpca môžeme vypočítať odpovedajúci objem vody na základe známeho objemu banky, polomeru sklenenej trubičky a výšky hladiny vody. Pomocou funkcie *Formula (Vypočítané hodnoty)* v ponuke *Create/Edit Table (Vytvoriť/Upraviť tabuľku)* zadefinujeme do ďalšieho stĺpca objem vody, resp. pri známej hmotnosti vody aj hustotu vody. Zostrojíme nové grafy závislosti objemu vody od teploty a hustoty vody od teploty (obr.1.4,1.5).



obr. 1.4 Graf závislosti objemu vody od teploty



obr. 1.5 Graf závislosti hustoty vody od teploty

Poznámka:

Do banky lejeme čo najchladnejšiu vodu, ktorú schladíme na teplotu 0°C úplným ponorením do veľkej nádoby naplnenej zmesou ľadu a soli (príp. tekutého dusíka, ak ho máme k dispozícii). Gumenú zátku, trubičku a teplotnú sondu dobre utesníme, napr. pomocou plastelíny, inak sa hladina vody v trubičke bude meniť aj bez ohrevu vody.

Uvedeným postupom môžeme pozorovať zmeny objemu v závislosti od teploty aj pri iných kvapalinách, napr. pri liehu, petroleji, a pod.

Otázky:

Určte, pri akej teplote má voda v banke najmenší objem.

Z grafu závislosti výšky vodného stĺpca od teploty odčítajte, v akej výške je hladina vody v sklenenej trubičke pri teplote 1°C .

Určte, pri akej inej teplote je hladina vody v sklenenej trubičke v rovnakej výške ako pri teplote 1°C ? Porovnajme hustoty vody pri týchto teplotách.

Na základe výsledkov merania určte, ako sa mení objem vody, keď sa ochladzuje od $3,98^{\circ}\text{C}$ k 0°C .

Na základe použitých pomôcok k meraniu stanovte, s akou presnosťou určujeme zmeny objemu vody.

Zvážte, ako ovplyvňuje zmena objemu sklenenej banky pri zvyšovaní teploty presnosť merania zmeny objemu vody.

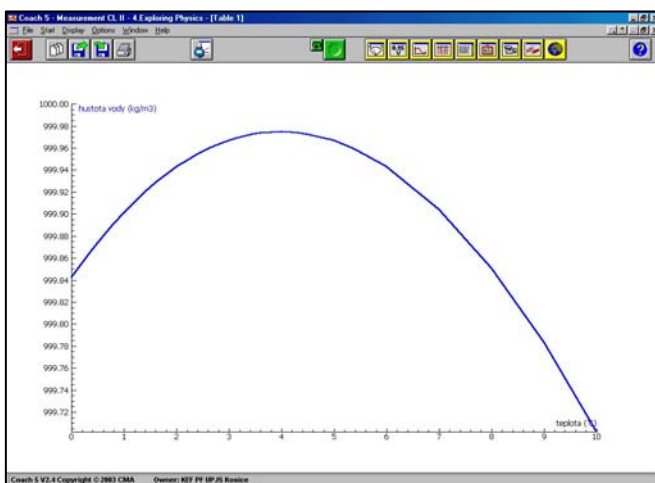
1.2. Závislosť hustoty vody od teploty – anomália vody

Fyzikálny princíp:

Pri zmene teploty sa mení objem kvapaliny, nemení sa však hmotnosť. Preto sa mení tiež hustota kvapaliny s teplotou a pre malé teplotné rozdiely Δt platí

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 + \beta \Delta t} \approx \rho_0(1 - \beta \Delta t) \quad (1.2), \text{ kde}$$

β je teplotný koeficient objemovej rozťažnosti. Voda, ako každá iná kvapalina, pri chladnutí hustne, avšak na rozdiel od iných kvapalín nehustne až po teplotu tuhnutia, ale len po teplotu $3,98^\circ\text{C}$, keď má najvyššiu hustotu, ako to ilustruje



obr. 1.6 Graf závislosti hustoty vody na teplote, z hodnôt tabelovaných vo fyzikálnych tabuľkách

obr. 1.6. Pri teplotách menších ako $3,98^\circ\text{C}$ hustota vody s klesajúcou teplotou klesá (anomália vody). Keď vodu izbovej teploty ochladzujeme pri hladine napr. tak, že pridáme do nádoby ľad, klesá ochladená voda ku dnu nádoby a teplejšia voda stúpa k hladine. Pri dne nádoby sa sústreďí voda s najväčšou hustotou, t.j. voda teploty $3,98^\circ\text{C}$.

Cieľ:

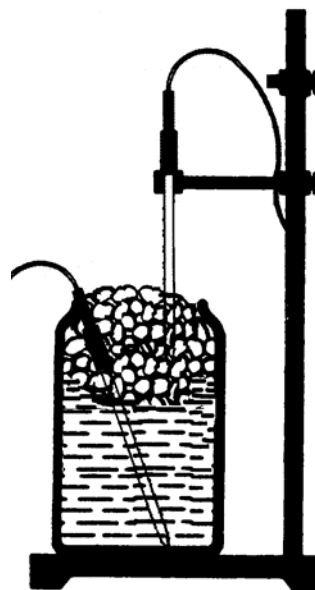
Ukázať, že voda má najväčšiu hustotu pri teplote $3,98^\circ\text{C}$.

Pomôcky:

termoska, voda, rozdrvený ľad, stojan s držiakom, dve teplotné sondy, počítač so systémom Coach5 a meracím panelom CoachLabII

Postup:

1. V projekte *Exploring Physics* otvoríme súbor *Anomália vody2*. Ak súbor pripravený nemáme, otvoríme nový súbor-úlohu, v ktorej na kanály 3,4 (resp.1,2) pripojíme dve teplotné sondy. Dobu merania nastavíme na 2h, nastavíme grafy závislosti teploty od času, pričom minimálnu

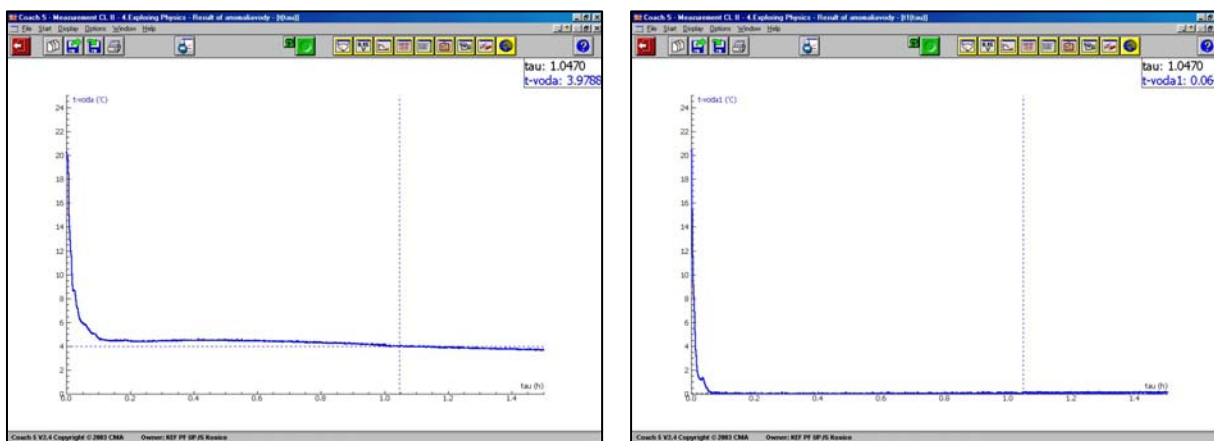


obr. 1.7 Schéma zostavy experimentu

1. Zmena objemu a hustoty kvapalín s teplotou

hodnotu y-ovej osi grafov nastavíme na -5°C a maximálnu na 25°C .

2. Do termosky nalejeme 400 ml vody izbovej teploty (okolo 20°C). Teplotnú sondu pripojenú na kanál 3 (resp.1) vložíme do vody ku dnu termosky, druhú sondu upevníme do stojana a umiestnime ju ku hladine vody (obr. 1.7).
3. Stlačením zeleného tlačidla spustíme meranie. Termosku doplníme rozdrveným ľadom a na monitore sledujeme časový priebeh teploty pri dne termosky a pri hladine vody (v ľade). Keď sa teplota vody pri dne ustáli, zistíme teplotu vrstiev vody nad dnom pomocou sondy, ktorá je pri hladine. Ukončíme meranie a výsledky uložíme na disk.
4. Prezrieme si časový priebeh teploty vody pri dne termosky aj vo vyšších vrstvách. Príklad priebehu teploty pri dne a na hladine v termoske naplnenej vodou a ľadom je na obr. 1.8.



obr. 1.8 Priebeh teploty pri dne a na hladine v termoske naplnenej vodou a ľadom.

Poznámka:

Teplota vody pri dne termosky pomerne rýchlo klesne na hodnotu $4,3^{\circ}\text{C}$, keďže vplyvom značnej zmeny hustoty vody s teplotou prebieha rýchla výmena tepla prúdením. V okolí teploty $3,98^{\circ}\text{C}$ sa hustota vody s teplotou mení pomaly (hustota vody, ktorá má teplotu $3,98^{\circ}\text{C}$ sa líši od hustoty, ktorú má voda teploty $4,3^{\circ}\text{C}$ len o $0,004\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, pozri obr. 1.6). Keď zoberieme do úvahy aj vplyv viskozity vody na prúdenie, nevieme presne určiť, či k poklesu teploty pri dne pod $4,3^{\circ}\text{C}$ dochádza prevažne prúdením alebo aj vedením tepla. Po dlhšom ochladzovaní vody klesá pri dne teplota vody pod $3,98^{\circ}\text{C}$, čo je už len vplyvom vedenia tepla.

Otázky:

Z grafu závislosti hustoty vody od teploty (obr.1.6) určte, v ktorých intervaloch teploty sa mení hustota vody s teplotou prudko, v ktorých je zmena hustoty pripadajúca na ten istý teplotný interval menšia. Ako sa mení hustota vody v okolí teploty $3,98^{\circ}\text{C}$? Aké sú odpovedajúce koeficienty objemovej rozťažnosti vody v jednotlivých teplotných intervaloch?

2. Tepelná kapacita, hmotnostná tepelná kapacita

2.1. Teplo a zmena teploty

Fyzikálny princíp:

Keď telesu dodávame teplo, môže nastať viacero zmien. Môže sa zmeniť teplota, skupenstvo alebo sa môžu uskutočniť chemické zmeny. Množstvo tepla, ktoré treba telesu dodať, aby sa zvýšila jeho teplota o jeden kelvin, nazývame tepelnou kapacitou C telesa. Definujeme ju vzťahom $C = \frac{Q}{\Delta T}$, resp. $C = \frac{Q}{\Delta t}$ (2.1)

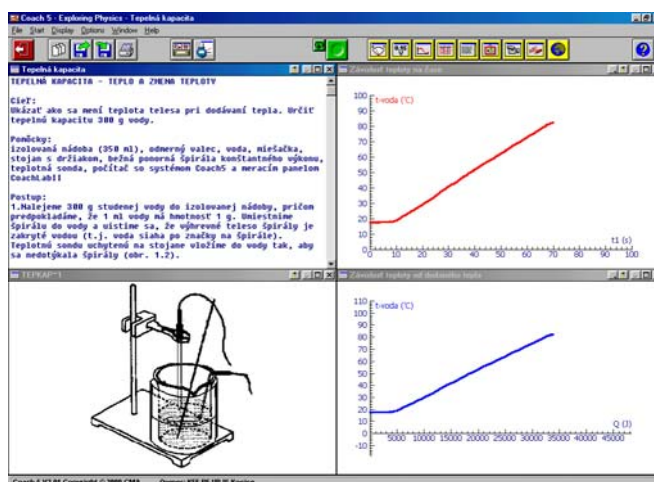
vyjadrujúcim podiel dodaného tepla Q telesa a zmeny teploty Δt , ktorú toto teplo spôsobilo. Teplo do vody budeme dodávať prostredníctvom ponornej odporovej špirály, ktorú pripojíme na sieťové napätie 230V. Zmeny výkonu špirály v závislosti od teploty sú zanedbateľné. Vynásobením výkonu špirály dobou τ , počas ktorej prechádza elektrický prúd špirálou, určíme množstvo tepla dodaného vode $Q = P\tau$ (2.2).

Cieľ:

Ukázať ako sa mení teplota telesa pri dodávaní tepla. Určiť tepelnú kapacitu 300 g vody.

Pomôcky:

izolovaná nádoba (350 ml), odmerný valec, voda, miešačka, stojan s držiakom, bežná ponorná špirála konštantného výkonu, teplotná sonda, počítač so systémom Coach5 a meracím panelom CoachLabII

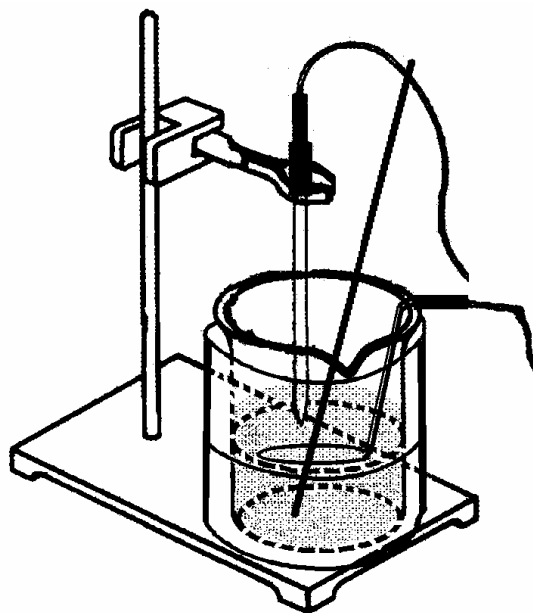


obr. 2.1 Výsledok snímania ohrievania vody

Postup:

- Otvoríme projekt *Exploring Physics* a súbor *Tepelná kapacita 1* (obr.2.1). Pokiaľ súbor pripravený nemáme, pripravíme novú úlohu. Nastavíme dobu merania na 500s a nastavíme grafy závislosti teploty od času, resp. teploty od dodaného tepla zadefinovaním veličiny $Q=P \cdot \tau$, k čomu potrebujeme zistiť výkon špirály. Sondu teploty pripojíme k meraciemu panelu na kanál 3 (resp.1).

2. Nalejeme 300 g studenej vody do izolovanej nádoby, pričom predpokladáme, že 1 ml vody má hmotnosť 1 g. Umiestnime špirálu do vody a uistíme sa, že výhrevné teleso špirály je zakryté vodou (t.j. voda siaha po značky na špirále). Teplotnú sondu uchytenú na stojane vložíme do vody tak, aby sa nedotýkala špirály (obr. 2.2).



obr. 2.2 Schéma zostavy experimentu

3. Špirálu pripojíme na sieťové napätie a spustíme meranie stlačením zeleného tlačidla. Vodu premiešavame a zároveň na monitore sledujeme zmeny teploty, ktoré zaznamenáva počítač. Keď dosiahne teplota vody 80°C , vypneme špirálu a ukončíme meranie. Zaznamenané výsledky uložíme na disk.
4. Posúdime vzťah medzi dodaným teplom a zmenou teploty. Na záver určíme tepelnú kapacitu 300g vody napr. tak, že zobrazíme graf $Q=f(t)$ a stlačením pravého tlačidla myši aktivovaním ponuky *Analyze/Slope* (*Analýza/Smernica*) určíme smernicu grafu, ktorá predstavuje množstvo tepla prijaté vodou na jej zohriatie o 1°C .

Poznámka:

Namiesto ponornej špirály a sklenenej nádoby môžeme použiť elektrický kalorimeter. Výsledky z tohto merania môžeme použiť v nasledujúcich experimentoch.

Otázky:

Určte tepelnú kapacitu 300g vody z grafu $t=f(Q)$.

Určte hmotnostnú tepelnú kapacitu vody z výsledkov merania.

Bude hodnota hmotnostnej tepelnej kapacity získanej z merania väčšia alebo menšia ako tabuľková hodnota? Zdôvodnite možné zdroje chýb merania.

2.2. Teplo a hmotnosť

Fyzikálny princíp:

K tomu, aby sa chemicky rovnorodé telesá rovnakej počiatočnej teploty, ale rôznych hmotností, ohriali na rovnakú teplotu potrebujú, aby im bolo dodané rôzne množstvo

tepla, a to tým väčšie, čím väčšia je hmotnosť telesa. Možno preto písať $C = c \cdot m$ (2.3), kde c je konštanta úmernosti, nazývaná hmotnostná tepelná kapacita.

Cieľ:

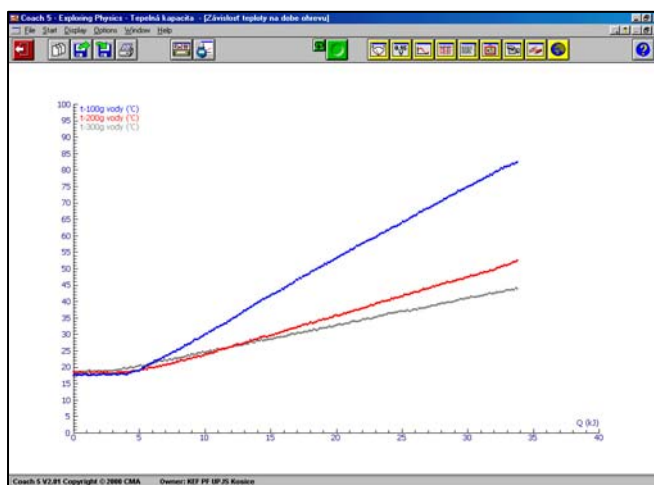
Ukázať vzájomný vzťah medzi teplom, ktoré treba dodať vode na určitú teplotnú zmenu a hmotnosťou vody.

Pomôcky:

izolované nádoby (150 ml, 250 ml, 350 ml), ponorná špirála konštantného výkonu, odmerný valec, tyčinka na miešanie, stojan s držiakom, teplotná sonda, počítač so systémom COACH5, merací panel CoachLabII

Postup:

1. Postupujeme rovnako ako v experimente 2.1 s rovnakým nastavením a usporiadaním experimentu. Meranie začneme s 300g vody.
2. Stlačením zeleného tlačidla spustíme meranie, zapneme špirálu a začneme miešačkou premiešavať vodu. Súčasne sledujeme na obrazovke monitora zmeny teploty, ktoré zaznamenáva počítač. Keď dosiahne teplota vody 80°C, vypneme špirálu, ukončíme meranie a výsledky uložíme. Postup zopakujeme najprv pre 200g studenej vody a nakoniec pre 100g, pričom zakaždým výsledky uložíme.
3. Do grafu $t=f(Q)$ vložíme zvyšné výsledky meraní pre 300 a 200g vody aktivovaním pravého tlačidla myši a stlačením *Import background graph (Importovanie pozadia)*. Teraz môžeme namerané hodnoty navzájom porovnávať.
4. Určíme teploty Q_1, Q_2, Q_3 , ktoré sa spotrebovali na zmenu teploty 100g vody napr. o 40°C, 200g o 40°C a 300g o 40°C tak, že odčítame veľkosť dodaného tepla pri teplote 65°C a 25°C pre všetky hmotnosti. Porovnáme teplo Q_1 s teplom Q_2 a teplom Q_3 . Určíme vzájomný vzťah medzi dodaným teplom a hmotnosťou pre rovnakú teplotnú zmenu tej istej látky. Uvážime zdroje tepelných strát v experimente. Príklad grafu, ktorý vyjadruje vzťah medzi dodaným teplom vode hmotnosti 100g, 200g, 300g a teplotou vody je na obr. 2.4.



obr. 2.4

Otázky:

Uvážte, čím sú spôsobené tepelné straty v experimente.

Určte množstvo tepla potrebné na zohriatie 100g, 200g a 300g vody o 30°C. Ktorá z uvedených hmotností vody má najväčšiu tepelnú kapacitu?

2.3. Teplo a odlišné látky

Fyzikálny princíp:

Tepelná kapacita jednotky hmotnosti rozličných látok je rôzna, preto je hmotnostná tepelná kapacita jednou z materiálových konštánt. Ak (2.1) dosadíme do (2.3),

dostaneme vzťah $c = \frac{1}{m} \frac{Q}{\Delta T}$ resp. $c = \frac{1}{m} \frac{Q}{\Delta t}$ (2.4). Jednotkou hmotnostnej tepelnej

kapacity je $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Tepelná kapacita a teda aj hmotnostná tepelná kapacita závisí od podmienok, pri ktorých k ohrievaniu, alebo ochladzovaniu telesa dochádza. Preto rozlišujeme hmotnostnú tepelnú kapacitu pri stálom tlaku c_p a hmotnostnú tepelnú kapacitu pri stálom objeme c_v . U kvapalín a tuhých látok sú v bežných (nie extrémnych) prípadoch hmotnostné tepelné kapacity c_p a c_v takmer rovnaké, zatiaľ čo u plynov je vždy $c_p > c_v$. Hmotnostná tepelná kapacita látky závisí aj od teploty.

Hmotnostné tepelné kapacity sa bežne určujú pomocou kalorimetrov. Kalorimeter je tepelne izolovaná nádoba, v ktorej skúmanej látke dodávame známe množstvo tepla Q . Ak nedochádza pri dodávaní tepla v kalorimetri k inému deju (napr. k chemickým reakciám, skupenským premenám) ako k zohrievaniu skúmanej látky, môžeme pre jej

hmotnostnú tepelnú kapacitu na základe rovnice (2.4) písať vzťah $c = \frac{Q}{m(t - t_1)}$ (2.5),

v ktorom m znamená hmotnosť vyšetrovanej látky, t_1 jej teplotu pred dodávaním tepla a t teplotu po dodaní tepla. Takto definovaná hmotnostná tepelná kapacita c je strednou hodnotou hmotnostnej tepelnej kapacity z intervalu teplôt (t_1, t) .

Cieľ:

1. Ukázať, že zmena teploty dvoch rôznych látok rovnakej hmotnosti, ktoré za určitý čas prijmu, alebo odovzdajú rovnaké množstvo tepla, nie je rovnaká.
2. Ukázať, že dvom odlišným látkam rovnakej hmotnosti je potrebné dodať alebo odobrať rôzne množstvá tepla na dosiahnutie rovnakej teplotnej zmeny.
3. Určiť hmotnostnú tepelnú kapacitu vody a etylénglykolu.

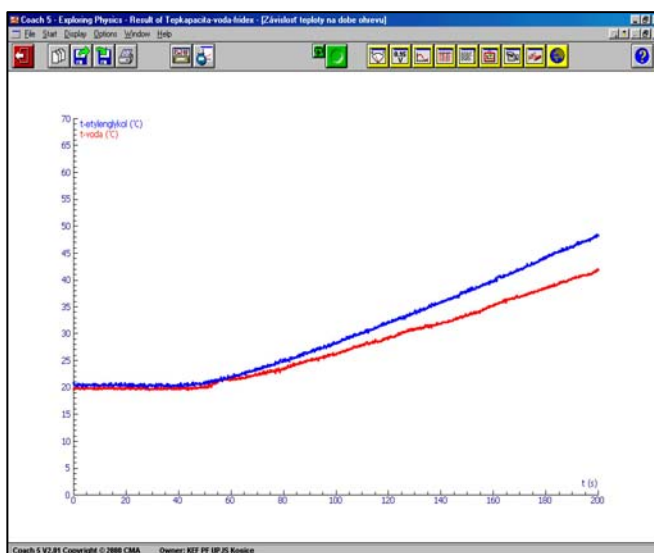
Variant A

Pomôcky:

izolovaná nádoba (250ml), ponorná špirála konštantného výkonu, odmerný valec, voda, etylénglykol (fridex), tyčinka na miešanie, stojan s držiakom, váhy, teplotná sonda, počítač so systémom Coach5 a meracím panelom CoachLabII.

Postup:

1. Nalejeme 200g vody resp. etylénglykolu do izolovanej nádoby a ďalej postupujeme rovnako ako v experimente 2.1 s rovnakým nastavením a usporiadaním experimentu. Výsledky jednotlivých meraní uložíme na disk.
2. Do grafu $t=f(Q)$ vložíme zvyšné meranie pre 200g vody aktivovaním pravého tlačidla myši a stlačením *Import background graph (Importovanie pozadia)*. Teraz môžeme hodnoty namerané pre rovnaké hmotnosti vody a etylénglykolu navzájom porovnávať.
3. Ak zobrazíme závislosť $Q=f(t)$, smernica tejto závislosti predstavuje tepelnú kapacitu príslušnej látky. Získame ju stlačením pravého tlačidla myši aktivovaním ponuky *Analyze/Slope (Analýza/Smernica)*.
4. Na záver určíme hmotnostnú tepelnú kapacitu meraných látok a porovnáme ich s tabuľkovými hodnotami. Spočítame relatívnu chybu merania. Príklad grafu, ktorý vyjadruje závislosť teploty vody a etylénglykolu od doby ohrievania je na **obr. 2.5**.



obr. 2.5 Graf závislosti teploty vody a etylénglykolu na dobe ohrievania.

Otázky:

Z grafu závislosti teploty od doby ohrievania určte ktorej látke (voda, etylénglykol) potrebujeme dodať väčšie množstvo tepla nato, aby sa ohriala napr. o 40°C?
Ktorá látka (voda, etylénglykol) absorbuje viac tepla pri zohriatí o 1°C?
Ktorá látka (voda, etylénglykol) sa pri rovnakej počiatkovej teplote pri dodaní rovnakého množstva tepla zohreje na vyššiu teplotu?

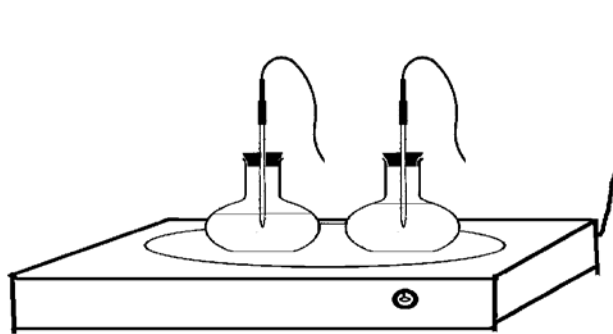
Variant B

Pomôcky:

elektrický varič - platňa, dve rovnaké nádoby (150ml), voda, lieh, dve teplotné sondy, počítač so systémom Coach5 a meracím panelom CoachLabII

Postup:

1. V projekte *Exploring Physics* otvoríme súbor *Tepelná kapacita* 2. Ak súbor k dispozícii nemáme, otvoríme nový súbor – úlohu, v ktorej nastavíme dobu merania na 500s a na kanály 3, 4 (resp.1,2) pripojíme teplotné sondy.



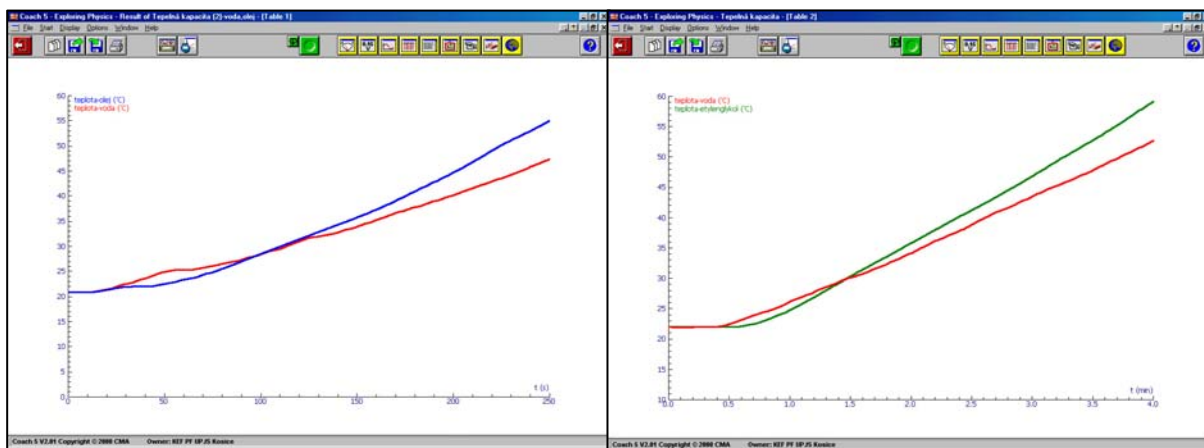
obr. 2.6 Schéma zostavy experimentu

- Nastavíme osi grafu závislosti teploty od času, pričom na prvú vertikálnu os nastavíme teplotu t_1 a na druhú vertikálnu os nastavíme teplotu t_2 .
2. Na nádoby naplnené destilovanou vodou a liehom rovnakej hmotnosti, nasadíme voľne zátky, v ktorých sú zasunuté teplotné sondy. Do nádoby s liehom vložíme sondu pripojenú na kanál 3 (resp.1) meracieho panela, do nádoby s vodou vložíme sondu pripojenú na kanál 4 (resp.2) tak, aby hroty boli v rovnakej výške nad dnom nádobiek. Stlačením zeleného tlačidla spustíme meranie pre kontrolu teploty kvapalín. Ak sú teploty vody a liehu rôzne, ponoríme banky do vodného kúpeľa, aby sa teploty vyrovnali. Meranie prerušíme, osušíme nádoby a položíme ich na varič (**obr.2.6**).
 3. Stlačením zeleného tlačidla spustíme meranie. Na monitore sledujeme zmeny teploty kvapalín. Keď dosiahne lieh teplotu 60°C , ukončíme meranie a výsledky uložíme na disk.
 4. Podobne ako vo variante A porovnáme namerané priebehy a zistíme, o koľko narástla teplota vody a liehu za ten istý čas, t.j. dodaním rovnakého množstva tepla.

Poznámka:

V tomto experimente môžeme použiť namiesto liehu olej alebo fridex (etylénglykol) a ukážeme zároveň vplyv viskozity na tepelnú výmenu prúdením v počiatočnej fáze zahrievania kvapalín (**obr. 2.7**).

2. Tepelná kapacita, hmotnostná tepelná kapacita



Obr. 2.7 Priebeh teploty pri ohrievaní rovnakej hmotnosti oleja a vody, resp. etylénglykolu a vody

Otázky:

Vysvetlite, ako môže ovplyvniť rozdielna viskozita ohrievaných kvapalín priebeh experimentu.

2.4. Zákon zachovania energie pri tepelnej výmene

Fyzikálny princíp:

Pri vzájomnej interakcii dvoch telies rozličnej teploty, uvedených do vzájomného kontaktu, sa začne teplota týchto telies meniť. Po dostatočne dlhom čase sa teploty týchto telies vyrovnajú. Teleso, ktoré malo pôvodne vyššiu teplotu, odovzdáva časť svojej vnútornej energie druhému telesu, resp. okoliu a znižuje svoju teplotu. Druhé teleso, ktoré malo pôvodne nižšiu teplotu prijíma energiu a zvyšuje svoju vnútornú energiu, tým aj teplotu. Hovoríme, že teplo prechádza z teplejšieho telesa na chladnejšie alebo, že dochádza k tepelnej výmene, ktorá prebieha dovtedy, kým sa teploty nevyrovnajú. Obidve telesá sú potom v stave termodynamickej rovnováhy.

Cieľ:

Ukázať platnosť zákona zachovania energie pre tepelnú výmenu pri zmiešaní rôznych hmotností vody odlišných počiatočných teplôt.

Pomôcky:

izolovaná nádoba (termoska, kalorimeter), voda, varič, váhy, nádoba na zohrievanie vody, dve teplotné sondy, počítačom so systémom COACH5, merací panel CoachLabII

Postup:

1. V projekte *Exploring Physics* otvoríme súbor *Tepelná kapacita 2*. Ak súbor pripravený nemáme, otvoríme nový súbor-úlohu, v ktorej nastavíme dobu merania na 500s a pripojíme dve teplotné sondy na kanály 3 a 4 (resp.1,2). Nastavíme osi grafu závislosti teploty od času, pričom na prvú vertikálnu os nastavíme teplotu t_1 a na druhú vertikálnu os nastavíme teplotu t_2 .
2. Vážením určíme hmotnosť termosky so zátkou (kalorimetra) a nalejeme do nej 200g studenej vody. Teplotnú sondu pripojenú k meraciemu panelu na kanál 3 (resp.1) upevníme do zátky termosky a vložíme ju do vody. Druhú sondu pripojenú na kanál 4 (resp.2) vložíme do nádoby, v ktorej sme zohriali 100ml vody do varu.
3. Stlačením zeleného tlačidla spustíme meranie teploty v závislosti od času. Vodu v oboch nádobách premiešame a opatrne vlejeme horúcu vodu do termosky tak, aby teplotná sonda 1 bola pri prilievaní ponorená do vody. Termosku uzavrieme zátkou a vodu premiešame. Po ustálení teploty vody v termoske ukončíme meranie a výsledky uložíme na disk. Pri ďalších meraniach prilejeme k 200g studenej vody do termosky 200g, resp. 300g horúcej vody.
4. Odvážime termosku so zátkou a zmiešanou vodou, vypočítame hmotnosť horúcej vody, ktorú sme priliali do termosky. Z grafu určíme teplotu t_1 vody v kalorimetri pred priliatím horúcej vody, teplotu t_2 horúcej vody pred priliatím a výslednú teplotu t po dosiahnutí rovnovážneho stavu.
5. Vypočítame teplo Q_o , ktoré odovzdala horúca voda pri ochladzovaní a teplo Q_p , ktoré prijala studená voda pri zohrievaní. Navzájom ich porovnáme.

Otázky:

Aký je vzťah medzi teplom odovzdaným horúcou vodou a teplom prijatým studenou vodou? Sú tieto dve hodnoty tepla rovnaké? Ak nie, ktoré teplo je väčšie a prečo?

Ako vypočítame tepelnú kapacitu termosky (kalorimetra)? (termoska sa pri zmiešavaní zohreje z teploty t_1 na teplotu t a prijme teplo $Q = Q_o - Q_p$).

2.5. Hmotnostná tepelná kapacita kovov

Fyzikálny princíp:

Pri určovaní hmotnostnej tepelnej kapacity tuhej látky použijeme kalorimetrickú metódu, ktorá je založená na princípe tepelnej výmeny. Pri výpočtoch musíme vziať do úvahy tepelnú kapacitu kalorimetra C , pretože okrem kvapalného kúpeľa (najčastejšie vody) sa ohrievajú alebo ochladzujú všetky súčasti kalorimetra (t.j. nádoba, miešačka, teplotná sonda,...). Pri meraní je kalorimeter čiastočne naplnený

vodou alebo inou kvapalinou hmotnosti m_1 a teploty t_1 , ktorej hmotnostná tepelná kapacita c_1 je známa. Keď do kalorimetra vložíme tuhú látku hmotnosti m_2 ohriatu na teplotu t_2 , ktorej hmotnostnú tepelnú kapacitu c_2 máme zistiť, dôjde k výmene tepla medzi telesom a celou sústavou kalorimetra. Ak pri tejto výmene tepla sú straty tepla do okolia zanedbateľné, bude opísanú výmenu tepla popisovať rovnica $Q=Q_1+Q_2$ (2.6), kde Q je teplo odovzdané telesom, Q_1 je teplo prijaté vodou v kalorimetri a Q_2 je teplo prijaté kalorimetrom.

Cieľ:

Určiť hmotnostnú tepelnú kapacitu železa, hliníka a mosadze.

Pomôcky:

zmiešavací kalorimeter, váhy, valčeky z rôznych kovov, kadička, sklenené guľôčky, voda, varič, kliešte na prenášanie valčekov, dve teplotné sondy, počítač so systémom COACH5, merací panel CoachLabII

Postup:

1. V projekte *Exploring Physics* otvoríme súbor *Tepelná kapacita 2*. Ak súbor pripravený nemáme, otvoríme nový súbor-úlohu, v ktorej nastavíme dobu merania na 500s a pripojíme dve teplotné sondy na kanály 3 a 4 (resp.1,2). Nastavíme osi grafu závislosti teploty od času, pričom na prvú vertikálnu os nastavíme teplotu t_1 a na druhú vertikálnu os nastavíme teplotu t_2 .
2. Zistíme tepelnú kapacitu kalorimetra (pozri otázku v experimente 2.4). Vážením určíme hmotnosť kalorimetra so zátkou a hmotnosť kovového valčeka, ktorého hmotnostnú tepelnú kapacitu budeme zisťovať. Valček vložíme do kalorimetra a zalejeme vodou, aby bol celý ponorený a aby množstvo vody bolo čo najmenšie. Potom ho vyberieme a necháme zohrievať v nádobe s vriacou vodou, v ktorej sú na dne sklenené guľôčky. Zároveň odvážime kalorimeter s vodou a zátkou. Prírastok hmotnosti kalorimetra po priliatí vody sa rovná hmotnosti vody v kalorimetri.
3. Do kalorimetra vložíme teplotnú sondu pripojenú na kanál 3 (resp.1) meracieho panela, ktorá je upevnená vo vrchnáku kalorimetra. Druhou sondou pripojenou na kanál 4 (resp.2) budeme merať teplotu valčeka pred vložením do kalorimetra.
4. Stlačením zeleného tlačidla spustíme meranie teploty v závislosti od času. Po 150s vyberieme valček z vody, rýchlo ho osušíme a vložíme do kalorimetra. Keďže pre výpočty je dôležitá teplota vody v kalorimetri, ktorá je nameraná tesne pred vložením valčeka do kalorimetra, vkladáme valček tak, aby teplotná sonda 1 bola ponorená. Za stáleho miešania vody v kalorimetri sledujeme teplotu na monitore a po jej ustálení ukončíme meranie. Výsledky uložíme na disk.

5. Vyvolaním funkcie *Scan (Prezerat'*) určíme hodnoty teploty vody v kalorimetri pred vložením valčeka, výslednú teplotu po dosiahnutí termodynamickej rovnováhy a zistíme teplotu horúcej vody, v ktorej sme zohrievali valček. Využitím vzťahov (2.6) a (2.5) vypočítame hmotnostnú tepelnú kapacitu kovu, z ktorého je valček vyrobený.

Poznámka:

Namiesto kalorimetra môžeme použiť nízku, širokú termosku s korkovou zátkou s otvorom na zasunutie teplotnej sondy, pričom pri vkladaní kovového valčeka dbáme nato, aby sme ju náhodným úderom telesa nerozbili.

Otázky:

Urobte rozbor chýb, ktoré vznikajú pri meraní hmotnostnej tepelnej kapacity látky. Akým spôsobom je možné tieto chyby obmedziť?

3. Zmeny skupenstva

3.1. Vplyv dodávania tepla na bod topenia ľadu

Fyzikálny princíp:

Topením rozumieme premenu látky pevného skupenstva na látku kvapalného skupenstva. Bodom topenia látky nazývame teplotu, pri ktorej je pevná fáza látky v termodynamickej rovnováhe s kvapalnou fázou pri danom vonkajšom tlaku. V hraniciach zmien atmosférického tlaku môžeme bod topenia považovať za stály. Prechod látky z kvapalného skupenstva do pevného, t.j. opačný dej ako topenie, sa nazýva tuhnutie. Definícia bodu tuhnutia je zhodná s definíciou bodu topenia. Bod topenia chemicky čistých látok je totožný s bodom tuhnutia.



obr. 3.1 Schéma zostavy experimentu

Cieľ:

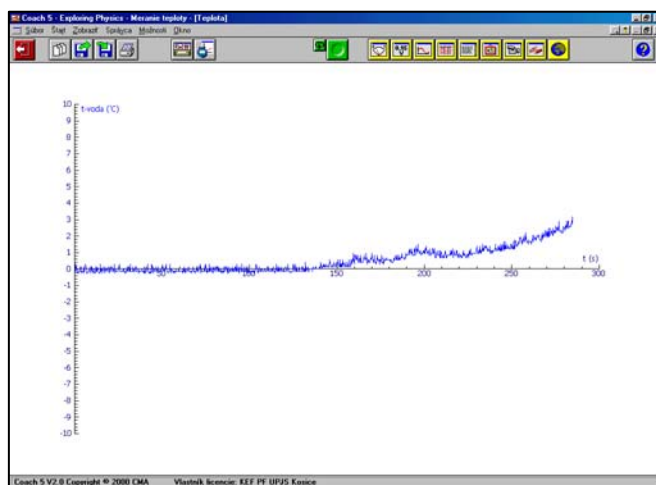
Ukázat časový priebeh teploty počas topenia ľadu.

Pomôcky:

roztlčený ľad (alebo sneh), nádoba (500 ml), plynový horák, stojan s rozptylovou sieťkou, teplotná sonda, počítač so systémom COACH5, merací panel CoachLabII

Postup:

1. V projekte *Exploring Physics* otvoríme súbor *Topenie ľadu*. Ak súbor pripravený nemáme, otvoríme nový súbor-úlohu, v ktorej nastavíme dobu merania na 500s a pripojíme teplotnú sondu na kanál 3 (resp.1). Nastavíme osi grafu závislosti teploty od času. Nádobu, naplnenú do polovice roztlčeným ľadom, postavíme na stojan, pod ktorý umiestnime plynový horák (obr. 3.1).



obr.3.2 Priebeh teploty zmesi ľadu a vody

2. Stlačením zeleného tlačidla spustíme meranie teploty v závislosti od času. Začneme pomaly plynovým horákom zohrievať nádobu s ľadom, ktorý premiešavame teplotnou sondou tak, aby sme sa nedotýkali dna. Meranie ukončíme, keď sa ľad úplne roztopí a výsledky uložíme na disk.
3. Pomocou funkcie *Scan (Prezerat')*, ktorú vyvoláme stlačením pravého klávesu myši prezrieme, ako sa menila teplota zmesi vody a ľadu pri dodávaní tepla. Na vyhladenie jemných oscilácií teploty môžeme využiť voľbu *Process/Filter graph (Spracovat'/Filter grafu)*, ktorú vyvoláme stlačením pravého klávesu myši. Príklad priebehu teploty počas topenia ľadu je na obr. 3.2.

Poznámka:

Namiesto plynového horáka môžeme použiť liehový horák, elektrický varič alebo ohrievač s vodným kúpeľom, do ktorého nádobu s ľadom vložíme.

Otázky:

Ako sa menila teplota ľadu počas jeho topenia?

Z grafu závislosti teploty od doby ohrievania vyplýva, že sa teplota zmesi ľadu s vodou pri teplote 0°C nemení, napriek tomu, že teplo neustále prostredníctvom plynového horáka zmesi dodávame. Čo sa deje s týmto teplom počas ohrievania zmesi ľadu s vodou?

3.2. Teplota topenia tiosíranu sodného

Fyzikálny princíp:

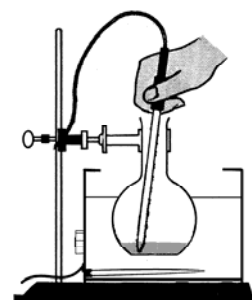
Keď dosiahneme pri rovnomernom zohrievaní pevnej kryštalickej látky teplotu topenia, vzrast teploty sa zastaví, hoci ďalej dodávame teplo. Toto teplo sa spotrebuje na skupenskú premenu kryštalickej látky na kvapalinu tej istej teploty. Teplota začne opäť narastať po úplnej premene pevnej látky na kvapalinu.

Cieľ:

1. Ukázať, že teplota pri topení (tuhnutí) tiosíranu sodného je stála.
2. Ukázať zhodnosť teploty topenia a tuhnutia kryštalickej látky – tiosíranu sodného ($t_f=48,2^{\circ}\text{C}$).

Pomôcky:

Bunsenov stojan s príslušenstvom, nádobka, tiosíran sodný

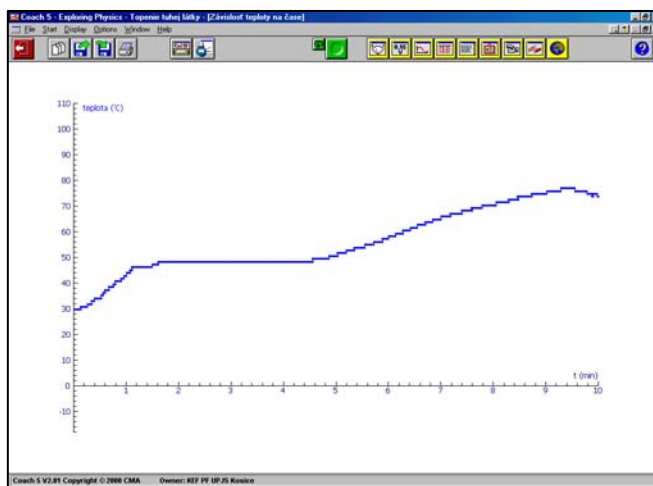


obr. 3.3

($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), ohrievač s vodným kúpeľom, teplotná sonda, počítač so systémom COACH5, merací panel CoachLabII

Postup:

1. V projekte *Exploring Physics* otvoríme súbor *Topenie tiosíranu sodného*. Ak súbor pripravený nemáme, otvoríme nový súbor-úlohu, v ktorej nastavíme dobu merania na 10min a pripojíme teplotnú sondu na kanál 3 (resp.1). Nastavíme osi grafu závislosti teploty od času. Kryštáliky tiosíranu sodného, ktoré sme rozdrvili na prášok v trecej miske, nasypeme do čistej nádoby v primeranom množstve, aby topenie netrvalo dlho. Do tiosíranu vložíme teplotnú sondu, nádobku upevníme do držiaka stojana a ponoríme ju do vodného kúpeľa (obr. 3.3).
2. Stlačením zeleného tlačidla spustíme meranie teploty v závislosti od času a zapneme ohrievanie vodného kúpeľa. Tiosíran neustále premiešavame teplotnou sondou, aby topenie prebiehalo rovnomerne. Po roztopení meriame teplotu ešte niekoľko minút. Ukončíme meranie a výsledky uložíme na disk. Opäť spustíme meranie teploty, nádobku vyberieme z vodného kúpeľa a za stáleho miešania pozorujeme na monitore priebeh teploty, kým tiosíran nestuhne.
3. Pomocou funkcie *Scan (Prezerat')*, ktorú vyvoláme stlačením pravého klávesu myši určíme teplotu, pri ktorej prebiehala skupenská premena tiosíranu sodného. Príklad priebehu teploty pri topení tiosíranu sodného je na obr. 3.4.



obr.3.4 – priebeh teploty pri topení tiosíranu sodného

Poznámka:

Tiosíran sodný ohrievame pomaly, hlavne v okolí teploty topenia. Počas ohrievania látku neustále premiešavame, aby sme zabezpečili jej rovnomerný ohrev v celom objeme. Pri rýchlom a nerovnomernom ohreve môže dojsť k prudkej skupenskej premene, ktorú nestihneme zaregistrovať meraním, čím nezaznamenáme oblasť samotného topenia tuhej látky pri konštantnej teplote.

Otázky:

Prečo sa nárast teploty pri rovnomernom zohrievaní pevnej kryštalickej látky zastaví

na teplote topenia? Na čo sa spotrebuje teplo dodávané ďalej počas skupenskej premeny?

3.3. Prechladenie tiosíranu sodného

Fyzikálny princíp:

Pri tuhnutí chemicky čistej kryštalickej látky sa často stáva, že zárodoky pevného skupenstva sa vytvoria až pri teplote menšej ako je teplota tuhnutia danej látky. Kvapalinu, ktorá má nižšiu teplotu ako je teplota tuhnutia danej látky nazývame prechladená kvapalina. Tento stav prechladenia však nie je stály. Keď zatrasieme kvapalinou alebo do nej vhodíme niekoľko kryštálikov tuhej látky, kvapalina rýchle stuhne, pričom jej teplota vystúpi na teplotu tuhnutia. Pritom dôjde k uvoľneniu skupenského tepla tuhnutia do okolia.

Cieľ:

Ukázať, že pri pomalom ochladzovaní zostane tiosíran sodný tekutý pri teplote nižšej ako je jeho teplota tuhnutia.

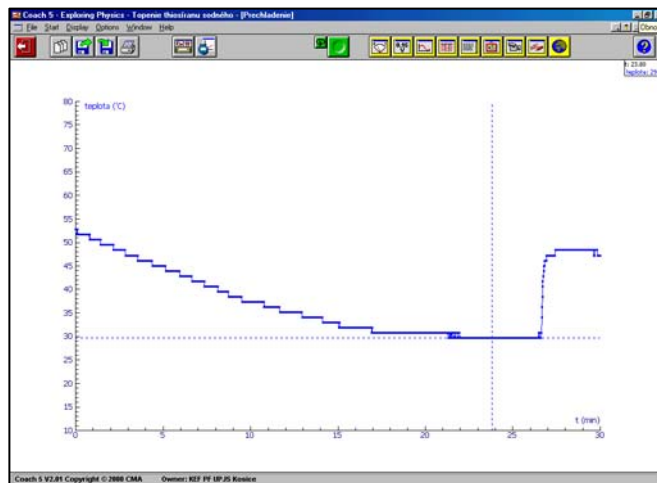
Ukázať stuhnutie prechladenej kvapaliny tiosíranu sodného pri vhození niekoľkých kryštálikov do zmesi.

Pomôcky:

Bunsenov stojan s príslušenstvom, nádobka, ohrievač s vodným kúpeľom, tiosíran sodný, teplotná sonda, počítač so systémom COACH5, merací panel CoachLabII

Postup:

1. V projekte *Exploring Physics* otvoríme súbor *Topenie tiosíranu sodného*, pričom dobu merania upravíme na 30 minút. Ak súbor pripravený nemáme, otvoríme nový súbor-úlohu, v ktorej nastavíme dobu merania na 30min a pripojíme teplotnú sondu na kanál 3 (resp.1). Tiosíran sodný v nádobke najskôr roztopíme a umiestnime doňho teplotnú sondu (obr. 3.3).
2. Stlačením zeleného tlačidla spustíme meranie teploty, pričom



obr.3.5 – prechladenie tiosíranu sodného

tiosíran necháme v pokoji chladnúť. Na monitore sledujeme zmeny teploty pri chladnutí. Keď teplota tekutého tiosíranu klesne aspoň 10°C pod teplotu tuhnutia, vhodíme do nádobky niekoľko menších kryštálikov. Roztopená látka sa okamžite zakalí a prejde do pevného skupenstva, pričom pozorujeme prudký vzrast teploty na teplotu tuhnutia, ktorý spôsobilo uvoľnené skupenské teplo tuhnutia.

3. Pomocou funkcie *Scan (Prezerat')*, ktorú vyvoláme stlačením pravého klávesu myši zistíme teplotu, na ktorú sa prechladil tiosíran sodný a teplotu pri tuhnutí. Príklad priebehu teploty pri prechladení tiosíranu sodného je na obr. 3.5.

Poznámka:

Aby bol experiment úspešný, nádobka, v ktorej ohrievame tiosíran sodný musí byť dostatočne čistá. Pri pomalom ochladzovaní tiosíranu sodného môže už malá prítomnosť nečistôt spôsobiť jeho stuhnutie pri teplote tuhnutia, čím nedosiahneme stav prechladenia kvapaliny. Taktiež pri jeho roztápaní dávame pozor, aby na stenách nádobky nezostali kryštáliky tuhého tiosíranu. Roztopený čistý tiosíran sodný necháme v pokoji chladnúť bez toho, aby sme ho miešali.

Otázky:

Pri vhození niekoľkých kryštálikov do prechladenej kvapaliny sa zmes okamžite zakalí a prejde do tuhého skupenstva. Ak pritom držíme nádobku v dlani, cítime jej náhle oteplenie. Čo je zdrojom tohoto tepla? Zdôvodnite.

3.4. Topenie a tuhnutie parafínu

Fyzikálny princíp:

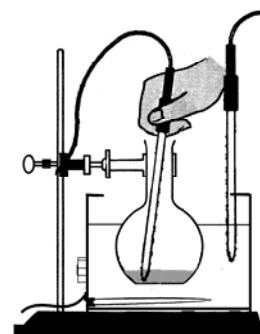
Prechod amorfných látok zo skupenstva tuhého do kvapalného sa realizuje postupne v pomerne širokom teplotnom intervale. Amorfné látky preto nemajú pevný bod topenia.

Cieľ:

Ukázať časový priebeh teploty počas topenia a tuhnutia parafínu.

Pomôcky:

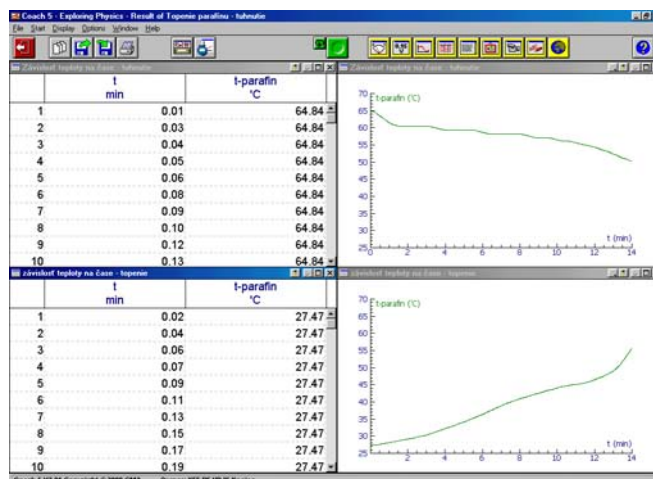
Bunsenov stojan s príslušenstvom, nádobka, parafín, ohrievač s vodným kúpeľom, dve teplotné sondy, počítač so systémom COACH5, merací panel CoachLabII



obr. 3.6

Postup:

1. V projekte *Exploring Physics* otvoríme súbor *Topenie a tuhnutie parafínu*. Ak súbor pripravený nemáme, otvoríme nový súbor-úlohu, v ktorej nastavíme dobu merania na 20min a pripojíme teplotnú sondu na kanál 3 (resp.1). Parafín pokrájame na tenké šupinky a vsypeme ho do nádobky. Do parafínu vložíme teplotnú sondu, nádobku upevníme do držiaka stojana a ponoríme do vodného kúpeľa (obr.3.6).
2. Stlačením zeleného tlačidla spustíme meranie teploty a za neustáleho miešania parafín rovnomerne zohrievame pomocou vodného kúpeľa tak, aby teplota vodného kúpeľa stúpala približne o 1°C za 30s. Keď sa celý parafín roztopí a jeho teplota vystúpi na 60°C , ukončíme meranie, prerušíme zohrievanie vodného kúpeľa a výsledky uložíme na disk.
3. Pri nezmenenom nastavení, spustíme opäť meranie teploty. Nádobku s roztopeným parafínom vyberieme z vodného kúpeľa a miešame ho teplotnou sondou, kým nestuhne. Po ukončení merania uložíme výsledky na disk.
4. Do posledného súboru získaného pri tuhnutí parafínu môžeme vložiť pre porovnanie výsledky merania získaného pri topení parafínu. Kliknutím na ikonu tabuľky vyvolaním ponuky *Import Table/Coach5Junior/Coach5Result (Importuj tabuľku/Coach5 Junior/Coach5 Výsledok)*, vložíme tabuľku s výsledkami topenia parafínu (obr.3.7). Tabuľku umiestnime do niektorého z voľných okien a zobrazíme z nej graf. Určíme teplotu parafínu v mieste inflexného bodu krivky topenia. Túto teplotu obyčajne považujeme za teplotu topenia parafínu. Porovnáme teplotný interval, počas ktorého sa parafín topil s intervalom teplôt pri tuhnutí. Príklad priebehu teploty pri topení a tuhnutí parafínu je na obr. 3.8.

**obr.3.7** Importovanie dát**obr.3.8.** Výsledky meraní topenia a tuhnutia parafínu**Poznámka:**

Parafín, hlavne od okamihu, kedy začína mäknúť, neustále premiešavame, aby sme zabezpečili jeho rovnomerný ohrev.

Otázky:

Porovnajete priebeh topenia parafínu s priebehom topenia tiosíranu sodného. Čím sa tieto dva priebehy odlišujú?

3.5. Krivka chladnutia Woodovho kovu

Fyzikálny princíp:

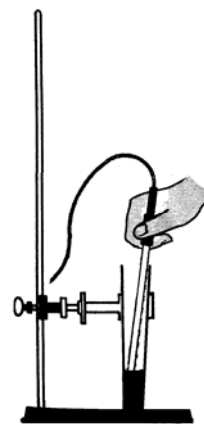
Teplota topenia kovových zliatin závisí na percentuálnom zložení zliatiny a je vždy nižšia ako teplota topenia každej zložky. Niektoré špeciálne zliatiny viacerých kovov majú teplotu topenia veľmi nízku. Woodov kov (zliatina Bi, Pb, Sn, Cd v pomere 50%, 25%, 12,5%, 12,5%) sa topí už v horúcej vode (pri $71,7^{\circ}\text{C}$).

Cieľ:

Ukázať priebeh teploty pri ochladzovaní Woodovho kovu.

Pomôcky:

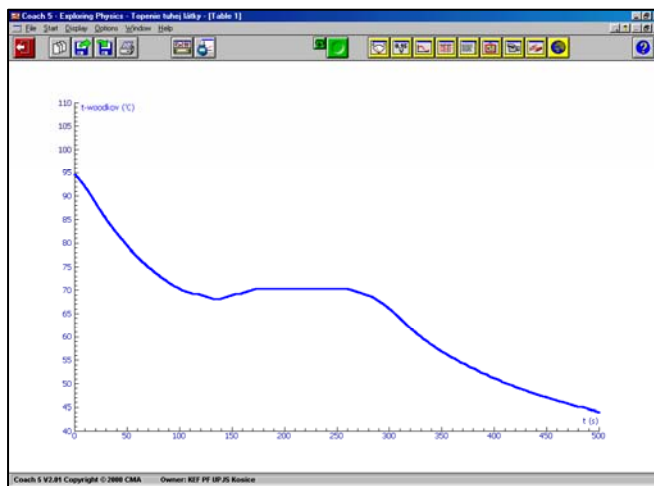
porcelánový kelímok s Woodovým kovom, stojan s držiakom, plynový kahan, teplotná sonda, počítač so systémom COACH5, merací panel CoachLabII



obr. 3.9 Schéma zostavy experimentu

Postup:

1. V projekte *Exploring Physics* otvoríme súbor *Tuhnutie Woodov kov*. Ak súbor pripravený nemáme, otvoríme nový súbor-úlohu, v ktorej nastavíme dobu merania na 500s a pripojíme teplotnú sondu na kanál 3 (resp.1). Nastavíme osi grafu závislosti teploty od času.
2. Porcelánový kelímok s Woodovým kovom upevníme do držiaka, umiestnime doňho teplotnú sondu a opatrne zahrievame plynovým kahanom (obr. 3.9). Akonáhle sa začne kov taviť, kelímok odstránime z dosahu plameňa a miešaním teplotnou sondou urýchlíme roztavenie celého množstva kovu. Na monitore sledujeme teplotu taveniny, poprípade ju ešte trochu zahrejeme kahanom tak, aby teplota vystúpila na 90°C - 100°C .



obr. 3.10 Krivka chladnutia Woodovho kovu.

3. Kelímok so sondou postavíme na kovovú dosku stojana a stlačením zeleného tlačidla spustíme meranie teploty. Taveninu stále premiešavame sondou, kým nestuhne. Výsledky uložíme na disk. Po ukončení merania Woodov kov opäť opatrne roztavíme, aby sme mohli z neho vybrať sondu a očistiť ju.
4. Výsledky merania prezrieme (obr. 3.10), pričom sledujeme oblasť poklesu teploty roztaveného kovu, oblasť prechladenia kovu, tuhnutia a oblasť ochladzovania tuhého kovu. Zároveň pomocou ponuky *Scan (Prezerat)*, ktorú získame stlačením ľavého klávesu myši odčítame teplotu tuhnutia.

Poznámka:

Kov zohrievame pomaly, aby nedošlo k jeho prepáleniu. Kelímok dávame pri meraní na kovovú dosku preto, aby sme urýchlili odvod tepla.

Woodov kov môžeme roztopiť aj vo vodnom kúpeli, keďže jeho teplota topenia je nižšia ako teplota varu vody.

K dosiahnutie prechladenia kvapalného Woodovho kovu je lepšie nechať kov v pokoji chladnúť bez premiešavania.

Otázky:

Ako vysvetlíte oblasť na grafe závislosti teploty od doby ochladzovania Woodovho kovu, v ktorej ešte pred samotným tuhnutím jeho teplota klesne pod teplotu tuhnutia?

3.6. Hmotnostné skupenské teplo topenia ľadu

Fyzikálny princíp:

Počas topenia sa spotrebuje všetka energia dodávaná látke na zmenu jej skupenstva. Hmotnostné skupenské teplo topenia je množstvo tepla, ktoré je potrebné nato, aby sa 1kg pevnej látky, zohriatej na teplotu topenia, premenil na kvapalinu tej istej teploty. Pri tuhnutí sa uvoľní rovnaké množstvo tepla.

Cieľ:

Určiť hmotnostné skupenské teplo topenia ľadu.

Pomôcky:

termoska (alebo zmiešavací kalorimeter), váhy, odmerný valec (100ml), voda, ponorná špirála, nádoba na zohriatie vody (200 ml), ľad, filtračný papier, dve teplotné sondy, počítač so systémom COACH5, merací panel CoachLabII

Postup:

1. V projekte *Exploring Physics* otvoríme súbor *Skup teplo topenia ľadu*. Ak súbor pripravený nemáme, otvoríme nový súbor-úlohu, v ktorej nastavíme dobu merania na 500s a pripojíme dve teplotné sondy na kanály 3 a 4 (resp.1,2). Nastavíme osi grafov závislostí teploty snímaných oboma sondami od času.
2. Zistíme tepelnú kapacitu termosky. Určíme hmotnosť termosky so zátkou, naplníme ju rozdrveným ľadom (100 ml), ktorý osušíme filtračným papierom a opäť odvážime, aby sme mohli vypočítať hmotnosť ľadu m_f .
3. Teplotnú sondu pripojenú na kanál 3 (resp.1) vložíme cez otvor v zátku do termosky tak, aby sa dotýkala dna. Druhú sondu vložíme do nádoby, v ktorej je 150 ml vody s teplotou 80°C . Stlačením zeleného tlačidla spustíme meranie teploty a po 100s vlejeme opatrne horúcu vodu do termosky. Potrasíme termoskou, aby sa ľad úplne roztopil. Po ustálení teploty ukončíme meranie a výsledky uložíme na disk.
4. Zistíme hmotnosť termosky s celým objemom vody aj so zátkou a vypočítame hmotnosť priliatej horúcej vody.
5. Z nameraných závislostí odčítame teplotu ľadu t_f , výslednú teplotu t a teplotu t_1 horúcej vody pred priliatím do termosky. Skupenskú premenu ľadu na vodu uvedeným postupom, popisuje rovnica $Q = Q_0 + L + Q_t + Q_k$ (3.1), kde Q je teplo, ktoré odovzdala horúca voda pri ochladení na teplotu t , Q_0 je teplo, ktoré prijal ľad pri ohriatí z teploty t_f na 0°C , L je skupenské teplo topenia ľadu, Q_t je teplo, ktoré prijala voda vzniknutá roztopením ľadu na ohriatie z 0°C na t a Q_k je teplo, ktoré absorbovala termoska. Využitím vzťahov (3.1) a (2.4) vypočítame hmotnostné skupenské teplo topenia ľadu l_t , pre ktoré platí $l_t = \frac{L}{m_f}$ (3.2).

Porovnáme ho s tabuľkovou hodnotou a zistíme relatívnu chybu merania.

Poznámka:

Ľad pripravíme vopred, najlepšie v miskách na to určených, ktoré sa používajú bežne v mrazničke. Pracujeme s ním rýchlo, aby sa počas manipulácie neroztopil. Experiment je možné zrealizovať aj tak, že do vody známej teploty, ktorá je v termoske, vložíme ľad. Kocky ľadu pred meraním nasypeme do nádoby so studenou vodou a chvíľu počkáme, kým ľad dosiahne teplotu 0°C . Potom kocky ľadu rýchle vyberieme z vody, osušíme ich filtračným alebo pijavým papierom a nasypeme ich do termosky.

Otázky:

Vyslovte na začiatku predpoklad o tom, či získaná hodnota l_t bude menšia alebo väčšia ako hodnota uvádzaná v tabuľkách. Určte možné zdroje chýb v meraní.

Akú minimálnu teplotu musí mať 1kg vody, aby pri zmiešaní s 1kg ľadu teploty 0°C , došlo k úplnému roztopeniu ľadu?

3.7. Vplyv soli na teplotu topenia ľadu

Fyzikálny princíp:

Pri zmiešaní kuchynskej soli a roztlčeného ľadu sa vzniknutá zmes samočinne ochladzuje a pritom sa skvapalňuje. Teplota tekutej zmesi môže klesnúť až na -21°C . Roztľčený ľad nie je úplne suchý, na jeho povrchu je vrstvička vody. V tejto vode sa soľ rozpúšťa. Na rozpustenie soli vo vode je potrebné rozpúšťacie teplo, na topenie ľadu zasa skupenské teplo topenia; obidve teploty sa odoberajú z roztoku, preto sa ochladzuje.

Cieľ:

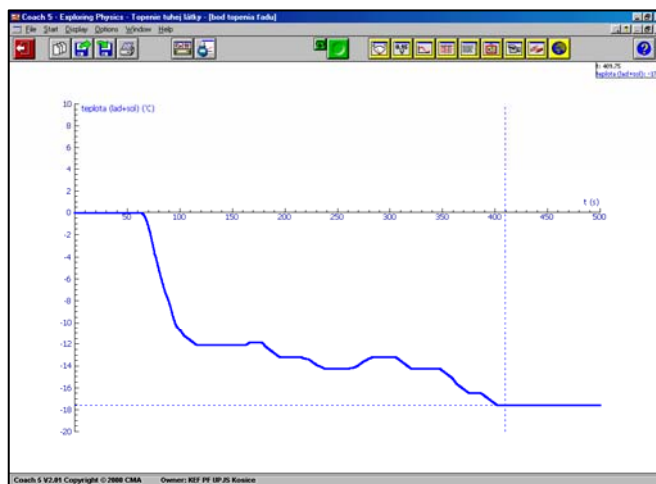
Ukázať pokles teploty topenia ľadu pri dodávaní soli do zmesi ľadu s vodou.

Pomôcky:

nádoba (500 ml), odmerka (10 ml), rozdrvený ľad, kuchynská soľ, teplotná sonda, počítač so systémom COACH5, merací panel CoachLabII

Postup:

1. V projekte *Exploring Physics* otvoríme súbor *Vplyv soli na ľad*. Ak súbor pripravený nemáme, otvoríme nový súbor-úlohu, v ktorej nastavíme dobu merania na 500s a pripojíme teplotnú sondu na kanál 3 (resp.1). Nastavíme osi grafu závislosti teploty od času.
2. Nádobu naplníme do polovice nadrobno rozdrveným ľadom a vložíme do nej teplotnú sondu, pripojenú k meraciemu panelu na kanál 3 (resp.1).
3. Keď bude mať sondou premiešavaný rozdrvený ľad teplotu 0°C , spustíme meranie stlačením zeleného tlačidla a pridáme do nádoby jednu odmerku soli. Zmes intenzívne premiešavame. Po ustálení teploty zmesi



obr. 3.11 Priebeh teploty zmesi ľadu a vody.

môžeme pridať ďalšiu odmerku soli.

4. Z grafu závislosti teploty od času určíme pomocou ponuky *Scan (Prezerat')*, ktorú vyvoláme stlačením pravého tlačidla myši najnižšiu teplotu zmesi. Môžeme sa pozrieť aj na hodnoty uvedené v tabuľke nameraných hodnôt, pričom najnižšiu hodnotu získame voľbou *Statistics (Štatistika)*, ktorú vyvoláme stlačením pravého klávesu myši v okne s tabuľkou. Príklad priebehu teploty v zmesi ľadu a kuchynskej soli je na obr. 3.11.

Otázky:

Prečo sa v zime pridáva soľ do posypov na zľadovatelé cesty?

3.8. Vplyv nemrznúcej zmesi na teplotu topenia ľadu

Cieľ:

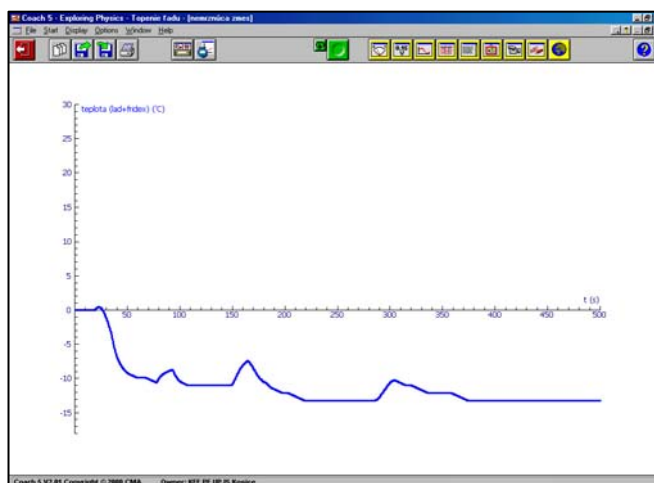
Ukázať pokles teploty po pridaní etylénglykolu do ľadu pri súčasnom skvapalňovaní zmesi.

Pomôcky:

Etylénglykol (nemrznúca zmes známa pod názvom Fridex), rozdrvený ľad, nádoba (500 ml), odmerka (25 ml), teplotná sonda, počítač so systémom COACH5, merací panel CoachLabII

Postup:

Postupujeme rovnako ako v experimente 3.7. Príklad priebehu teploty v zmesi ľadu a etylénglykolu je na obr. 3.12.



obr. 3.12 Priebeh teploty zmesi ľadu a etylénglykolu.

Otázky:

Prečo sa v zime používa na ostrekovanie predných skiel automobilu zmes vody s etylénglykolom?

3.9. Vplyv vyparovania etylalkoholu na jeho teplotu

Fyzikálny princíp:

Keď necháme kvapalinu v otvorenej nádobe, neustále z nej ubúda. Kvapalina sa mení na paru, vyparuje sa. Niektoré kvapaliny ako éter, benzín, sa vyparujú veľmi rýchlo. Iné kvapaliny, ako napr. voda a olej sa vyparujú pomaly. Vyparovanie kvapaliny sa deje pri každej teplote. Rýchlosť vyparovania kvapaliny sa zvýši, ak zvýšime teplotu kvapaliny, zväčšíme povrch kvapaliny a keď sa odstraňujú vzniknuté pary (fúkaním, vetrom, odsávaním). K skupenskej premene kvapaliny na plyn je potrebné skupenské teplo vyparovania. Toto teplo berie kvapalina z okolia aj z vlastnej vnútornej energie. Preto sa pri prudkom vyparovaní kvapalina značne ochladí.

Cieľ:

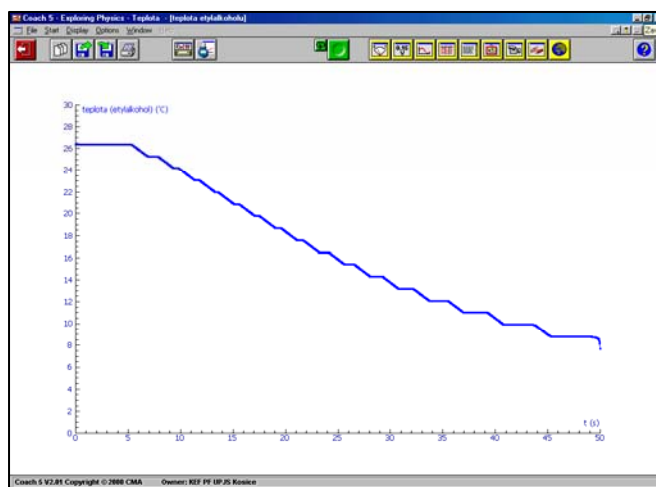
Ukázať časový priebeh teploty pri prudkom vyparovaní etylalkoholu.

Pomôcky:

vata, nádobka s etylalkoholom, teplotná sonda, počítač so systémom COACH5, merací panel CoachLabII

Postup:

1. V projekte *Exploring Physics* otvoríme súbor *Vplyv vyparovania na teplotu*. Ak súbor pripravený nemáme, otvoríme nový súbor-úlohu, v ktorej nastavíme dobu merania na 100s a pripojíme teplotnú sondu na kanál 3 (resp.1). Nastavíme osi grafu závislosti teploty od času.
2. Hrot teplotnej sondy, pripojenej k meraciemu panelu na kanál 3, obalíme kúskom vaty a ponoríme do nádoby s etylalkoholom.
3. Stlačením zeleného tlačidla spustíme meranie teploty. Obalenú sondu vyberieme z nádoby, pomávame ňou, čím urýchlíme vyparovanie etylalkoholu a súčasne sledujeme priebeh teploty na monitore. Výsledky uložíme na disk.
4. Z grafu závislosti teploty od času určíme pomocou ponuky *Scan (Prezerat')*, ktorú vyvoláme stlačením pravého klávesu myši, najnižšiu



obr. 3.13 Priebeh teploty pri prudkom odparovaní etylalkoholu

teplotu etylalkoholu. Môžeme sa pozrieť aj na hodnoty uvedené v tabuľke nameraných hodnôt, pričom najnižšiu hodnotu získame voľbou *Statistics* (*Štatistika*), ktorú vyvoláme stlačením pravého klávesu myši v okne s tabuľkou. Príklad priebehu teploty pri prudkom odparovaní etylalkoholu je na obr. 3.13.

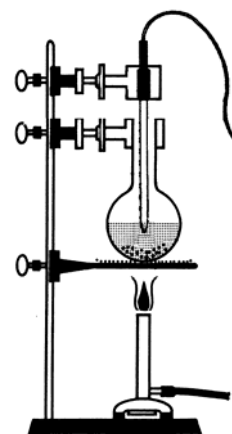
Otázky:

Zdôvodnite, prečo klesala teplota teplotnej sondy počas odparovania etylalkoholu.

3.10. Nezávislosť teploty varu vody od dodávaného tepla

Fyzikálny princíp:

Pri zohrievaní sa kvapalina po dosiahnutí istej teploty vyparuje nielen na voľnom povrchu, ale aj vo vnútri. Tento prípad vyparovania kvapaliny nazývame var. Teplotu, pri ktorej dochádza k varu, nazývame teplotou varu alebo bodom varu.



obr. 3.14 Schéma zostavy experimentu

Cieľ:

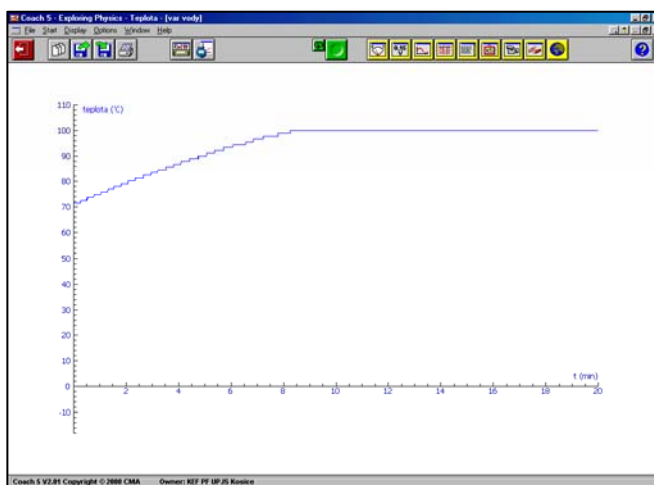
Ukázať stálosť bodu varu vody.

Pomôcky:

nádoba (300-500 ml), destilovaná voda, sklenené guľôčky na obmedzenie utajeného varu, stojan s držiakom, plynový horák, so stojanom s rozptylovou sieťkou (alebo elektrický varič), dve teplotné sondy, počítač so systémom COACH5, merací panel CoachLabII

Postup:

1. V projekte *Exploring Physics* otvoríme súbor *Teplota varu*. Ak súbor pripravený nemáme, otvoríme nový súbor-úlohu, v ktorej nastavíme dobu merania na 500s a pripojíme teplotnú sondu na kanál 3 (resp.1) meracieho panela. Nastavíme osi grafu závislosti teploty od času.
2. Zostavíme aparatúru podľa obr. 3.14. Do nádoby so sklenenými guľôčkami na obmedzenie utajeného varu nalejeme 200-300ml vody



obr. 3.15 Priebeh teploty počas varu vody.

(podľa objemu nádoby) a hrot teplotnej sondy umiestnime pod povrch vody v nádobe.

3. Stlačením zeleného tlačidla spustíme meranie teploty a začneme vodu zohrievať. Keď voda začne vriieť, neprestaneme s ohrievaním, pričom sa uistíme, či je sonda stále pod povrchom vody. Po niekoľkých minútach od začiatku varu vody, posunieme sondu nad povrch vody a potom nad nádobu, aby sme zistili aj teplotu pary. Výsledky uložíme na disk.
4. Prezrieme si priebeh teploty pri vare vody. Porovnáme teplotu varu vody s teplotou pary, ktorá vznikla počas varu. Príklad priebehu teploty počas varu vody je na obr. 3.15.

Otázky:

Vysvetlite, prečo sa pri rovnomernom zohrievaní kvapaliny zastaví vzrast teploty na teplote varu?

K čomu slúžia sklenené guľôčky, ktoré sme vložili do nádoby s vodou?

Nameranú hodnotu teploty varu vody porovnajete s tabuľkovou hodnotou. Čo viete povedať o aktuálnom atmosférickom tlaku?

3.11. Závislosť teploty varu od vonkajšieho tlaku

Fyzikálny princíp:

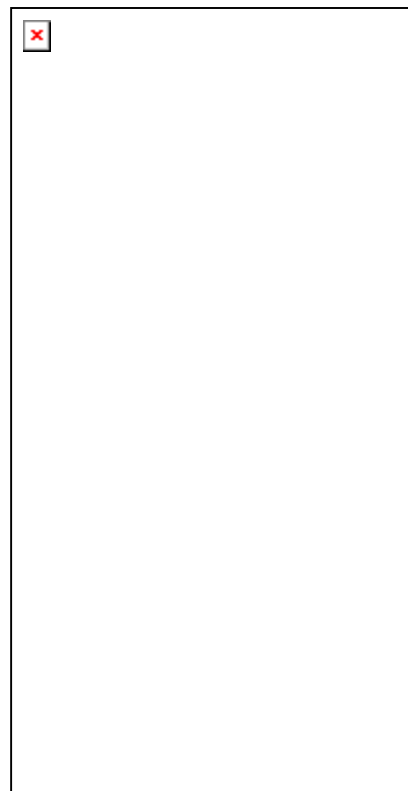
Teplota varu kvapaliny závisí od vonkajšieho tlaku. So zvyšujúcim sa tlakom sa teplota varu zvyšuje.

Cieľ:

Ukázať zmenu teploty varu pri zvýšení vonkajšieho tlaku.

Pomôcky:

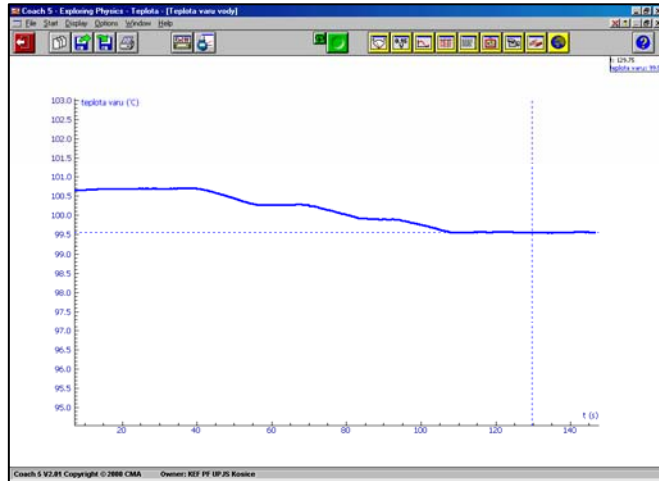
hrubostenná nádoba z varného skla (500 ml), sklenená rúrka, vysoký sklenený valec (50cm), gumená zátka, sklenené guľôčky, plynový horák so stojanom s rozptylovou sieťkou (alebo elektrický varič), destilovaná voda, pravítko, rukavica, barometer, teplotná sonda, počítač so systémom COACH5, merací panel CoachLabII



obr. 3.16 Schéma zostavy experimentu

Postup:

1. V projekte *Exploring Physics* otvoríme súbor *Teplota varu a tlak*. Ak súbor pripravený nemáme, otvoríme nový súbor-úlohu, v ktorej nastavíme dobu merania na 500s a pripojíme teplotnú sondu na kanál 3 (resp.1). Nastavíme osi grafu závislosti teploty od času.
2. Barometrom zistíme hodnotu atmosférického tlaku. Zostavíme aparáturu podľa obr. 3.16. Nádobu naplníme takým množstvom vody, aby po zasunutí zátky s teplotnou sondou a sklenenou rúrkou bol hrot sondy tesne nad hladinou vody. Nádobu necháme otvorenú a zátku s príslušenstvom zatiaľ odložíme na stôl. Vysoký sklenený valec naplníme vodou. Stojan a plynový horák (alebo elektrický varič) umiestnime na kraj stola, aby sme mohli voľne manipulovať s valcom mimo stola.
3. Vodu v nádobe, do ktorej sme nasypali sklenené guľôčky privedieme do pomalého varu. Potom ju uzavrieme zátkou tak, aby sonda bola umiestnená tesne nad povrchom vody. Zátku poriadne zatlačíme a sklenený valec dvíhame tak, aby sa sklenená rúrka postupne ponorila celkom ku dnu valca, čím zabezpečíme zvýšenie tlaku (nad hodnotu atmosférického tlaku) na povrch vody.
4. Stlačením zeleného tlačidla spustíme meranie teploty. Všimneme si priebeh teploty na monitore a zároveň pozorujeme správanie sa vody. Keď začnú unikať bublinky vzduchu zo sklenenej rúrky, vtedy je tlak na povrch kvapaliny práve rovný súčtu atmosférického tlaku p_a a hydrostatického tlaku vody vo valci p_h odpovedajúcom hĺbke ponoru sklenenej trubičky pod hladinou. Právitkom odmeriame výšku stĺpca vody od konca sklenenej rúrky až po hladinu vody vo valci a nameranú hodnotu zaznamenáme. Hodnotu vonkajšieho tlaku, pri ktorom práve voda vrieme určíme podľa vzťahu $p = p_a + p_h$. Po ustálení teploty spustíme sklenený valec o 15cm nižšie, čím znížime výšku vodného stĺpca a zároveň aj tlak v nádobe. Po ustálení teploty to zopakujeme, až nakoniec zostane sklenená rúrka neponorená, vtedy bude voda vriieť pri atmosférickom tlaku.
5. Na grafe závislosti teploty vriacej vody od času odčítame pomocou funkcie *Scan (Prezerat')* teplotu varu vody pri rôznych hodnotách vonkajšieho tlaku. Na vyhladenie jemných oscilácií teploty môžeme využiť voľbu *Process/Filter Graph (Procesy/Filter grafu)*, ktorú vyvoláme stlačením pravého klávesu myši. Môžeme



obr. 3.17 Priebeh teploty varu vody pri postupnom znižovaní vonkajšieho tlaku až po hodnotu atmosférického tlaku

vytvoriť novú tabuľku, kde do prvého stĺpca vložíme z klávesnice hodnoty vonkajšieho tlaku a do druhého stĺpca vložíme opäť z klávesnice odpovedajúce hodnoty teploty varu. Tieto hodnoty zobrazíme do bodového grafu $t_v=f(p)$. Príklad priebehu teploty pri vare vody, pri postupnom znižovaní vonkajšieho tlaku až na hodnotu atmosférického tlaku je na obr. 3.17.

Poznámka:

Pri opakovaní experimentu s rovnakou vodou v nádobe, ktorá už raz vrela, sa môže stať, že zo sklenenej rúrky zasunutej do vody vo valci už nebudú unikať bublinky vzduchu. Príčinou tohoto javu môže byť fakt, že pri dlhodobom vare sa vzduch pohltený vodou vypudí a pri opakovanom vare ho už v kvapaline nie je dostatok. Preto experiment opakujeme vždy s čerstvou vodou so sklenenými guľôčkami, na ktorých sa usádzajú bublinky vzduchu, ktoré sú zárodkom tvorby bubliniek vodnej pary.

Experiment je pomerne náročný na manipuláciu pre jedného študenta, preto je výhodnejšie, ak sú pri obsluhu prítomní dvaja študenti. Teplotná sonda a sklenená rúrka musia byť v zátke umiestnené čo najtesnejšie, aby cez prípadné otvory nedochádzalo k úniku pár.

Otázky:

K čomu slúžia sklenené guľôčky umiestnené v nádobe, v ktorej vrie voda?

Vysvetlite príčinu používania tlakových hrncov v kuchyni.

Prečo vo vysokohorskom prostredí vrie voda pri nižšej teplote ako 100°C?

3.12. Teplota varu zmesi vody a etylénglykolu

Fyzikálny princíp:

Podľa Raoultovho zákona je tlak nasýtených pár nad roztokom (napr. zmes vody a etylénglykolu) vždy menší ako tlak nasýtených pár čistého rozpúšťadla (vody). Pre relatívne zníženie tlaku pritom platí $\frac{\Delta p}{p} = -K \frac{m}{M_r}$ (3.3), kde K je konštanta nezávislá od teploty, m je hmotnosť a M_r je relatívna molekulová hmotnosť rozpustenej látky. Z uvedeného vyplýva, že teplota varu roztokov je vždy vyššia než teplota varu čistého rozpúšťadla a s rastúcou koncentráciou sa zvyšuje.

Cieľ:

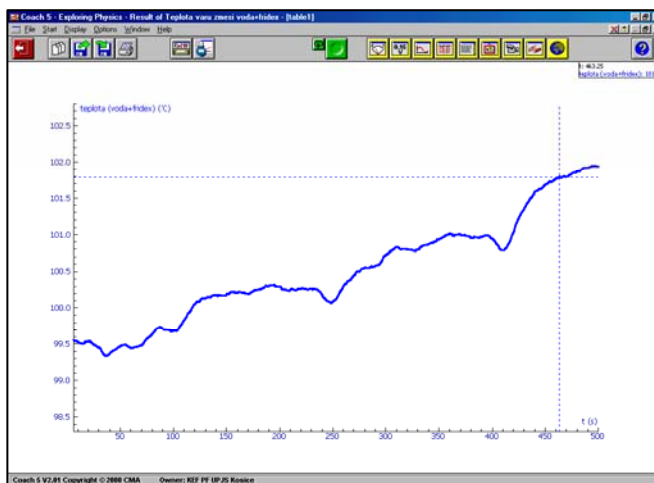
Ukázať ako sa zmení teplota varu vody po pridaní etylénglykolu.

Pomôcky:

nádoba (300-500 ml), destilovaná voda, nemrznúca zmes - etylénglykol (100 ml), sklenené guľôčky na obmedzenie utajeného varu, stojan s držiakom, plynový horák so stojanom s rozptylovou sieťkou (alebo elektrický varič), teplotná sonda, počítač so systémom COACH5, merací panel CoachLabII

Postup:

1. V projekte *Exploring Physics* otvoríme súbor *Teplota varu a etylenglykol*. Ak súbor pripravený nemáme, otvoríme nový súbor-úlohu, v ktorej nastavíme dobu merania na 500s a pripojíme teplotnú sondu na kanál 3 (resp.1). Nastavíme osi grafu závislosti teploty od času.
2. Zostavíme aparatúru podľa obr. 3.14. Do nádoby vložíme sklenené guľôčky na obmedzenie utajeného varu a naplníme ju destilovanou vodou, ktorú zohrejeme do varu.
3. Stlačením zeleného tlačidla spustíme meranie teploty a do vriacej vody pridáme 20 ml nemrznúcej zmesi. Pokračujeme v zohrievaní, súčasne sledujeme na monitore priebeh teploty. Keď sa teplota ustáli, opäť pridáme nemrznúcu zmes. Toto opakujeme, až do vyčerpania nemrznúcej zmesi.
4. Prezrieme si priebeh teploty vo vode po pridaní nemrznúcej zmesi a zistíme nový bod varu. Príklad priebehu teploty počas varu roztoku vody a nemrznúcej zmesi je na obr. 3.18.



obr. 3.18 Priebeh teploty počas varu roztoku vody a nemrznúcej zmesi. Nemrznúca zmes bola pridaná do vody po 40s, 100s, 250s a 400s od začiatku merania.

Otázky:

Prečo odporúčajú opravári áut nechať nemrznúcu zmes v chladiči auta aj počas leta? Ako sa mení teplota varu v závislosti od koncentrácie etylénglykolu vo vode?

3.13. Hmotnostné skupenské teplo varu vody

Fyzikálny princíp:

Pri zohrievaní kvapaliny sa časť dodaného tepla spotrebuje na zvyšovanie teploty kvapaliny (hmotnostné teplo), časť na vyparovanie (skupenské teplo vyparovania). Akonáhle dosiahne

3. Zmeny skupenstva

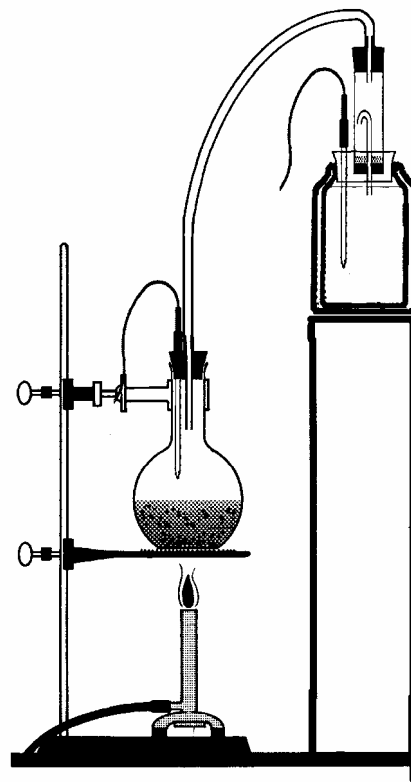
kvapalina teplotu varu, jej teplota sa už nezvyšuje. Všetko dodané teplo sa pri vare spotrebuje na premenu skupenstva. Hmotnostné skupenské teplo varu je množstvo tepla, ktoré je potrebné nato, aby sa 1 kg kvapaliny, zohriatej na teplotu varu, premenil na 1 kg pary tej istej teploty.

Cieľ:

Určiť hmotnostné skupenské teplo varu vody.

Pomôcky:

stojan s držiakom, plynový horák, stojan s rozptylovou sieťkou, nádoba na tvorbu pary, sklenené guľôčky, zachytávač vody, gumená hadička, termoska so zátkou s otvormi pre sondu a trubičku zachytávača vody, voda, dve teplotné sondy, počítač so systémom COACH5, merací panel CoachLabII

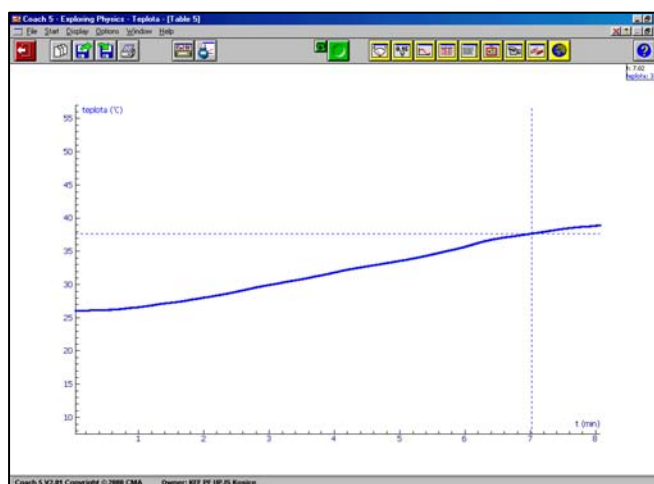


obr. 3.19 Schéma zostavy experimentu

Postup:

1. V projekte *Exploring Physics* otvoríme súbor *Skup teplo varu vody*. Ak súbor pripravený nemáme, otvoríme nový súbor-úlohu, v ktorej nastavíme dobu merania na 500s a pripojíme dve teplotné sondy na kanály 3 a 4 (resp.1,2). Nastavíme osi grafov závislostí teploty snímaných oboma sondami od času.
2. Zostavíme aparáturu podľa

obr. 3.19, pričom zatiaľ gumenú hadičku z nádoby s vodou, ktorá bude zásobníkom pary nepripájame k zachytávaču pary. Určíme tepelnú kapacitu termosky. Zistíme hmotnosť termosky so zátkou a naplníme ju studenou vodou tak, aby siahala asi do takej výšky, aby pri vložení zátky trubička zachytávača vody zasahovala do vody. Termosku s vodou a so zátkou opäť odvážime. Rozdiel zistených hmotností je rovný hmotnosti vody. Do zátky termosky umiestnime teplotnú sondu pripojenú na kanál 3 (resp.1) a zachytávač vody. Nádobu, ktorá je



obr. 3.20 Príklad priebehu teploty pri zohrievaní 545g vody, v ktorej skondenzovala para hmotnosti 13,8g.

zásobníkom pary, uzavrieme zátkou a spojíme prostredníctvom sklenenej trubičky a gumenej hadičky so zachytávačom vody. Do zátky upevníme druhú sondu.

3. Vodu v nádobe (zásobník pary) uvedieme do varu a termosku so zachytávačom umiestnime vyššie zásobníka, aby voda, ktorá vznikne kondenzáciou pary v gumenej hadičke stekala naspäť do zásobníka. Keď zo zachytávača vychádzajú len pary, spustíme meranie stlačením zeleného tlačidla. Vodu v termoske premiešavame. Keď vzrastie teplota o 15°C , vytiahneme z termosky trubicu na prívod pary so zachytávačom, vodu premiešame a ukončíme meranie. Výsledky uložíme na disk. Odvážime termosku s vodou a zátkou. Prírastok hmotnosti oproti poslednému váženiu je rovný hmotnosti skondenzovanej pary.
4. Z prvého grafu (teplotná sonda na kanále 3, resp.1) zistíme teplotu vody v termoske pred začatím privádzania pary a výslednú teplotu. Z druhého grafu (teplotná sonda na kanále 4, resp.2) odčítame teplotu pary, ktorú porovnáme s teplotou varu prislúchajúcou aktuálnemu atmosférickému tlaku, vyľadanou v tabuľkách. Skupenskú premenu pary na vodu uvedeným spôsobom popisuje rovnica $L+Q_1=Q_2+Q_k$ (3.4), kde L je skupenské teplo varu vody, Q_1 je teplo odovzdané vodou, ktorá vznikla kondenzáciou pary, Q_2 je teplo, ktoré prijala voda a Q_k je teplo, ktoré absorbovala termoska. Vypočítame hmotnostné skupenské teplo varu vody, pre ktoré platí $l_v = \frac{L}{m_p}$ (3.5), kde m_p je hmotnosť skondenzovanej pary. Príklad priebehu teploty pri zohrievaní vody, v ktorej skondenzovala para je na obr. 3.20.

Otázky:

Určte možné zdroje chýb merania hmotnostného skupenského tepla varu vody. Vysvetlite, prečo bol v experimente použitý zachytávač vody.

3.14. Časový priebeh teploty pri zmenách skupenstiev vody

Fyzikálny princíp:

Pri postupnom rovnomernom ohrievaní ľadu, resp. vody môžeme sledovať skupenské premeny z tuhého cez kvapalnú až po plynnú. Ľad a vodu budeme zohrievať v tepelne izolovanej nádobe (termoska, kalorimeter) prostredníctvom elektrickej odporovej špirály vyrobenej z manganínového drôtu, ktorého odpor sa s teplotou mení veľmi málo (výkon elektrického prúdu prechádzajúceho špirálou je konštantný). Špirála dodá vode za čas τ teplo $Q=P\tau=UI\tau$ (3.6), kde P je výkon špirály, U je napätie na špirále a I je prúd prechádzajúci cez špirálu. Na základe energie dodanej ľadu, resp. vode počas ohrievania spočítame hmotnostnú

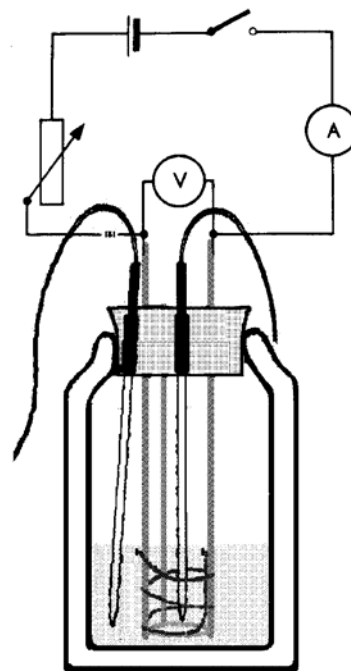
tepelnú kapacitu ľadu, resp. vody na základe vzťahu $P\tau_1 = mc\Delta t$ (3.7). Zo známej hodnoty energie dodanej pri skupenskej premene ľadu na vodu, spočítame hmotnostné skupenské teplo topenia ľadu na základe vzťahu $P\tau_2 = ml_t$ (3.8).

Cieľ:

1. Odmerať priebeh teploty pri skupenských premenách vody počas jej rovnomerného ohrievania.
2. Určiť hmotnostnú tepelnú kapacitu ľadu a vody.
3. Určiť skupenské teplo topenia ľadu.

Pomôcky:

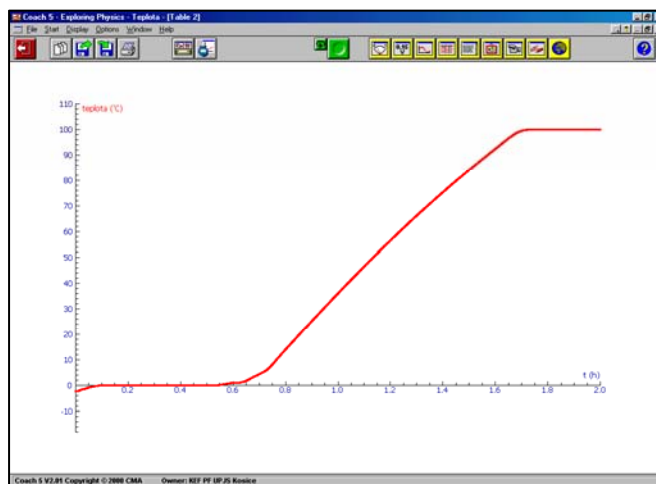
odporová špirála z manganinového drôtu ($R=0,7\Omega$), ľad, váhy, termoska s korkovou zátkou, na ktorej je upevnený držiak odporovej špirály, zdroj elektrického prúdu (napr. SP 150 30V/5A), digitálny ampérmeter, digitálny voltmeter (môže byť nahradený počítačom), dve teplotné sondy, počítač so systémom COACH5, merací panel CoachLabII



obr. 3.21 Schéma zostavy experimentu

Postup:

1. V projekte *Exploring Physics* otvoríme súbor *Skup premeny vody*. Ak súbor pripravený nemáme, otvoríme nový súbor-úlohu, v ktorej nastavíme dobu merania na 2-3 hodiny (v závislosti od výkonu špirály) a pripojíme dve teplotné sondy na kanály 3 a 4 (resp.1,2). V prípade, že teplotné sondy pripojíme na kanály 1,2, na kanále 3 môžeme snímať časový priebeh napätia na špirále. Nastavíme osi grafov závislostí teploty snímaných oboma sondami od času a grafu závislosti napätia od času.
2. Zistíme hmotnosť prázdnej termosky so zátkou a špirálou a určíme jej tepelnú kapacitu. Naplníme ju nadrobno rozdrveným ľadom (200g), uzavrieme a opäť odvážeme. Prírastok hmotnosti je rovný hmotnosti ľadu. Do termosky umiestnime dve teplotné sondy pripojené ku kanálom 3,4 (resp.1,2), jednu do stredu cievky –



obr. 3.22 Priebeh teploty pri skupenských premenách vody

odporovej špirály, druhú z vonkajšej strany. Obvod zostavíme podľa schémy na obr. 3.21.

- Elektrický obvod uzavrieme. Pomocou reostatu alebo reguláciou na samotnom zdroji (vtedy reostat nemusíme do obvodu zaradiť) nastavíme vhodné napätie na špirále a elektrický prúd prechádzajúci obvodom (v závislosti od použitého zdroja, napr. 4V, 5A). Nastavené hodnoty kontrolujeme digitálnym voltmetrom (resp. počítačom v prípade, ak snímame aj napätie) a digitálnym ampérmetrom, pričom údaje o elektrickom prúde počas merania zapisujeme približne každú polhodinu a z týchto hodnôt určíme aritmetický priemer. Podobne z údajov o napätí určíme aritmetický priemer. Tieto hodnoty použijeme na výpočet výkonu špirály.
- Stlačením zeleného tlačidla spustíme meranie teploty v závislosti od času a na monitore sledujeme priebeh teploty v termoske. Keď sa voda zohreje do varu, ukončíme meranie a výsledky uložíme na disk.
- K nameraným časovým priebehom teploty $t=f(\tau)$ zostrojíme grafy závislosti teploty od tepla dodaného ľadu, resp. vode $t=f(Q)$ počas ohrievania zadefinovaním veličiny $Q=P\tau$ do ďalšieho stĺpca tabuľky.
- Pri určovaní hmotnostnej tepelnej kapacity ľadu použijeme časový údaj z tepelnej sondy umiestnenej v strede špirály, keďže tam začne topenie ľadu najskôr. Z časového intervalu, resp. množstva tepla dodaného od začiatku ohrievania až po začiatok topenia ľadu určíme priemernú hodnotu hmotnostnej tepelnej kapacity ľadu na odpovedajúcom intervale teplôt (t_{\min}, t_i) na základe vzťahu (3.7). Hodnoty $c_{\text{ľad}}$ pri konkrétnych teplotách určíme pomocou funkcie *Analyse/Slope(Analýza/Smernica)*, ktorú vyvoláme stlačením pravého klávesu myši.
- Počas merania nedokážeme zabezpečiť rovnomerný ohrev a preto sa pri topení ľadu môže stať, že kým teplotná sonda umiestnená v strede špirály ukáže teplotu vyššiu ako 0°C (ľad je už roztopený na vodu), sonda umiestnená na okraji ukáže teplotu nižšiu ako 0°C (tuhé skupenstvo). Preto časový interval odpovedajúci topeniu stanovíme od okamihu, keď sonda v strede práve dosiahla 0°C až po okamih, kedy sonda na okraji zaregistrovala teplotu vyššiu ako 0°C. Hmotnostné skupenské teplo topenia ľadu určíme podľa vzťahu (3.8).
- Hmotnostnú tepelnú kapacitu vody určíme na základe časového intervalu, ktorý začína okamihom, kedy je proces topenia ukončený (sonda na okraji ukazuje teplotu viac než 0°C a končí okamihom, kedy začína voda vriieť. Z časového intervalu, resp. odpovedajúceho množstva tepla dodaného vode určíme priemernú hmotnostnú tepelnú kapacitu vody na intervale (t_t, t_v) na základe vzťahu (3.7). Hodnoty c_{voda} pri konkrétnych teplotách určíme pomocou funkcie

Analyse/Slope(Analýza/Smernica), ktorú vyvoláme stlačením pravého klávesu myši.

9. Príklad priebehu teploty pri skupenských premenách vody je na obr. 3.22.

Poznámka:

Teplota ľadu, ktorý vyberieme z mrazničky, po rozdrvení rýchlo stúpne na hodnoty blízke teplote topenia ľadu. Preto ho po nasypaní do termosky musíme opätovne schladiť, najlepšie pomocou tekutého dusíka, ktorý opatrne v malých dávkach prilievame do termosky, aby termoska pri náhlom schladení nepraskla. Takto môžeme opäť dosiahnuť teplotu ľadu -18°C , čo je aj dolná hranica meracieho rozsahu teplotnej sondy. Počas ohrievania sa snažíme obsah termosky pretriasaním premiešavať, aby došlo k jeho rovnomernému ohrievaniu.

Otázky:

Vymenujte možné zdroje chýb pri určovaní hmotnostnej tepelnej kapacity ľadu, hmotnostného skupenského tepla topenia ľadu a hmotnostnej tepelnej kapacity vody z časového priebehu teploty pri zmenách skupenstiev. Zvážte vplyv tepelnej kapacity termosky na výsledky merania.

Určte účinnosť ohrievania špirálou na základe podielu tepla prijatého ľadom (vodou) vypočítaného z tabuľkových hodnôt a energie dodanej ľadu (vode) prostredníctvom špirály v časovom intervale odpovedajúcom príslušnej fáze ohrievania.

4. Tepelné deje v plynoch

4.1. Izotermický dej v ideálnom plyne

Fyzikálny princíp:

Pri pomalom stláčaní vzduchu pod piestom injekčnej striekačky, mení sa tlak vzduchu p nepriamo úmerne jeho objemu V . Teda platí Boyle-Mariotteov zákon $p = \frac{k}{V}$ (4.1)

($T = \text{konšt.}$).

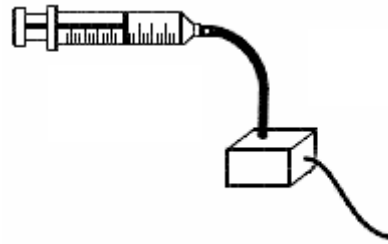
Cieľ:

Odmerať závislosť $p = p(V)$, presvedčiť sa, že pri konštantnej teplote $T = \text{konšt.}$, je medzi tlakom p a objemom plynu V nepriama úmernosť

$p = \frac{k}{V}$, kde k je konštanta.

Pomôcky:

injekčná striekačka, plastová hadička, tlaková sonda, počítač so systémom COACH5, merací panel CoachLabII

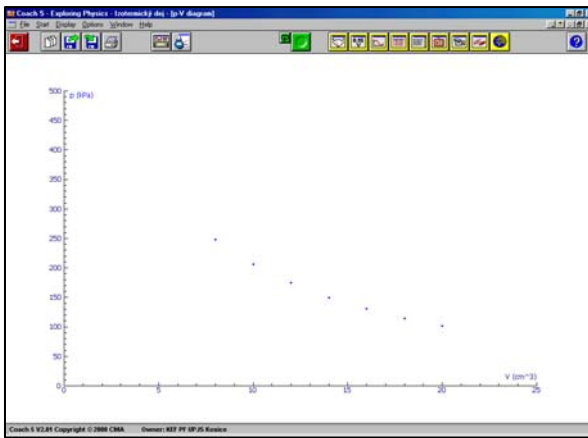


obr.4.1 Schéma zostavy experimentu

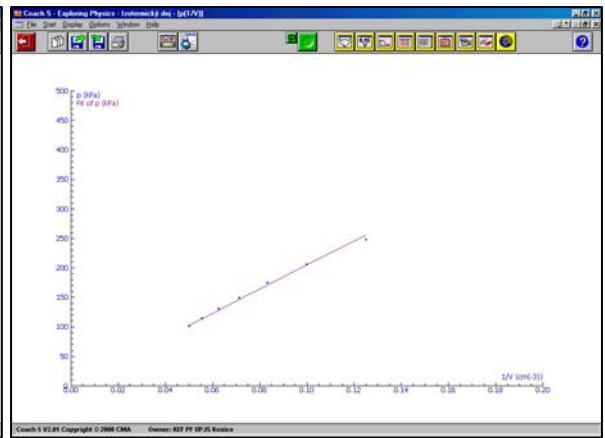
Postup:

1. V projekte *Exploring Physics* otvoríme súbor *Izotermický dej*. Ak súbor pripravený nemáme, otvoríme nový súbor-úlohu, v ktorej na kanál 3 (resp.1) pripojíme sondu tlaku. Dobu merania nastavíme na 1min. Keďže objem vzduchu budeme zadávať z klávesnice, nastavíme frekvenciu snímania na *Manual (Vlastné-ručne)* a počet meraní nastavíme v ponuke *Number of samples (Počet vzoriek)*, napr. na 7. Nastavíme osi grafov závislosti tlaku od času a objemu od času, resp. graf závislosti tlaku od objemu.
2. Zostavíme pomôcky podľa zobrazenej schémy (obr. 4.1). Plastovú injekčnú striekačku naplnenú suchým vzduchom spojíme so vstupným otvorom tlakovej sondy krátkou plastovou hadičkou. Pred meraním ešte otvoríme ventil tlakovej sondy, aby sme vyrovnali tlak plynu zavretého v injekčnej striekačke s vonkajším atmosférickým tlakom. Následne ventil uzavrieme.

3. Stlačením zeleného tlačidla spustíme meranie. Opätovným stláčaním zeleného tlačidla zadávame postupne hodnoty objemu vzduchu z klávesnice. Meranie môžeme kedykoľvek ukončiť stlačením červeného tlačidla na hornom paneli.
4. Meraním získame graf závislosti $p = p(V)$, tlaku od objemu, ktorý pripomína svojím priebehom graf nepriamej úmernosti (obr. 4.2). Preto tabuľku doplníme stĺpcom $\frac{1}{V}$ (cm^{-3}) a zobrazíme $p = p\left(\frac{1}{V}\right)$. Tento graf by sa mal dať aproximovať priamkou (obr. 4.3). Závislosť preto fitujeme pomocou ponuky *Analyse/Fit function* (Analýza/Fit funkcie), ktorú vyvoláme stlačením pravého klávesu myši. Z ponúkaných funkcií vyberieme funkciu $f(x)=a.x$ a zvolíme *Autofit*. Počítač nájde najvhodnejšiu priamku, ktorou budú namerané hodnoty fitované.



obr. 4.2 Závislosť tlaku od objemu



obr. 4.3 Závislosť tlaku od prevrätenej hodnoty objemu

Poznámka:

Dobu merania môžeme nastaviť aj na viac ako 1min, keďže meranie môžeme kedykoľvek ukončiť stlačením červeného tlačidla na paneli nástrojov.

Otázky:

Vysvetlite, ako udržíme teplotu vzduchu na rovnakej hodnote pri stláčaní vzduchu v striekačke.

Vysvetlite možné zdroje chýb merania.

4.2. Izochorický dej v ideálnom plyne

Fyzikálny princíp:

Tlak plynu p pri stálom objeme V sa mení priamo úmerne s jeho teplotou t . Tento dej charakterizuje Charlesov zákon, $\frac{p}{t} = k$ (4.2), kde k je konštanta. Ak plyn ochladzujeme,

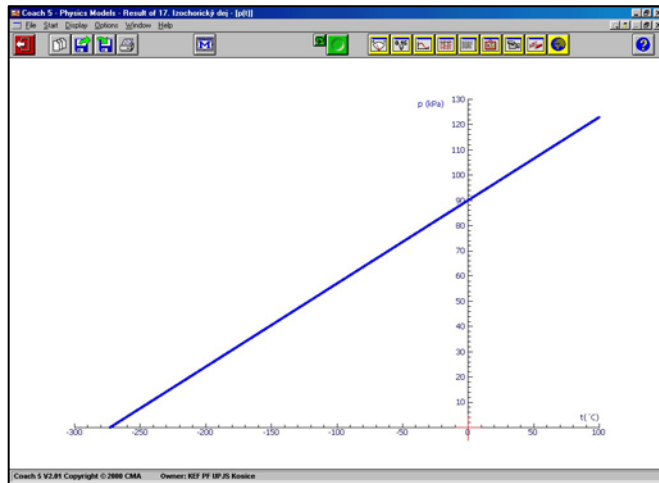
4. Tepelné deje v plynoch

jeho tlak lineárne klesá. Pokles tlaku až na nulovú hodnotu by znamenal, že ustane tepelný pohyb molekúl plynu. Najmenšia teplota, pri ktorej by k tomu mohlo dôjsť je teplota absolútnej nuly, $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Teda v tomto bode by mala prejsť os teploty priamka, vyjadrujúca závislosť $p=p(t)$. Potom z podobnosti dvoch pravouhlých trojuholníkov (obr.4.4) pre smernicu priamky vyplýva

$$\frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{p_0 - 0}{0 - (-273,15^{\circ}\text{C})} = \gamma p_0 \quad (4.3).$$

Úpravou vzťahu (4.3) dostaneme hodnotu teplotného súčiniteľa rozpínivosti plynu γ

$$\gamma = \frac{1}{273,15^{\circ}\text{C}} \approx 0,00366^{\circ}\text{C}^{-1} \quad (4.4).$$



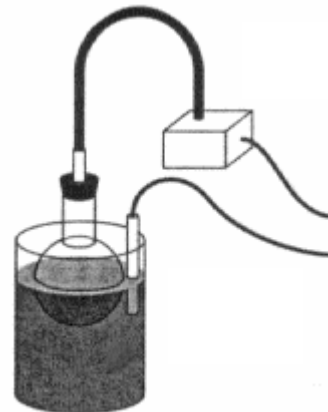
obr. 4.4 Závislosť tlaku plynu od teploty

Cieľ:

Odmerať závislosť $p = p(t)$, presvedčiť sa, že pre konštantný objem plynu, $V = \text{konšt.}$, je táto závislosť lineárna a vyhovuje funkcii $p = p_0(1 + \gamma t)$, kde γ je teplotný súčiniteľ rozpínivosti plynu.

Pomôcky:

sklenená banka, ohrievač s vodným kúpeľom, svorky, krátka sklenená trubička, gumená zátka, plastová hadička, tlaková sonda, teplotná sonda, počítač so systémom COACH5, merací panel CoachLabII



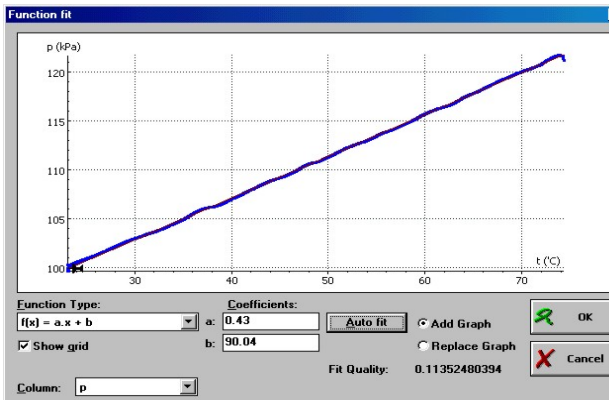
Postup:

1. V projekte *Exploring Physics* otvoríme súbor **obr.4.5** Schéma zostavy experimentu *Izochorický dej*. Ak súbor pripravený nemáme, otvoríme nový súbor-úlohu, v ktorej na kanál 3 (resp.1) pripojíme teplotnú sondu a na kanál 4 (resp.2) sondu tlaku. Dobu merania nastavíme na 10min a nastavíme osi grafov závislosti teploty od času a tlaku od času.
2. Pomôcky zostavíme podľa **obr.4.5**. Banku naplnenú suchým vzduchom ponoríme celú až po hrdlo do studenej vody v ohrievači. Pomocou prevrtanej gumenej zátky, krátkej sklenenej trubičky a čo najkratšej plastovej hadičky ju spojíme so

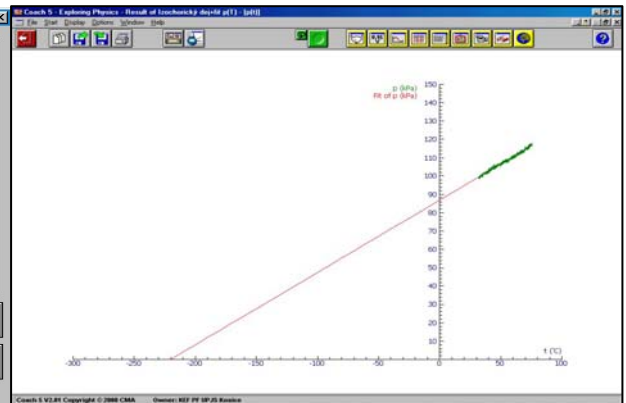
4. Tepelné deje v plynoch

vstupným otvorom tlakovej sondy. Spolu s bankou do vody umiestnime aj sondu teploty.

3. Zapneme ohrievač a stlačením zeleného tlačidla spustíme meranie. Rýchlosť ohrevu upravíme tak, aby sme dosiahli zmenu teploty v intervale od 20°C do 80°C približne za 10min. Počas merania vodu v ohrievači občas premiešavame, aby teplota vzduchu uzavretého v banke zodpovedala teplote vody.
4. Pokiaľ sme zobrazovali zvlášť časovú závislosť teploty a časovú závislosť tlaku, zobrazíme závislosť tlaku od teploty $p=p(t)$. Pre hodnoty teploty zvolíme interval od -300°C až 100°C a pre hodnoty tlaku interval od 0 kPa do 150 kPa. Voľbou ponuky *Analyse/Fit function (Analýza/Fit funkcie)*, ktorú vyvoláme stlačením pravého tlačidla myši potom graf fitujeme lineárnou funkciou, aby sme zistili hodnotu súčiniteľa γ a našli bod, v ktorom priamka pretne os teploty (obr. 4.6, 4.7).



obr.4.6 Fitovanie funkcie $p=p(t)$ lineárnou funkciou



obr.4.7 Graf závislosti $p=p(t)$ fitovaný lineárnou funkciou

Otázky:

Zdôvodnite možné zdroje chýb merania.

4.3. Izobarický dej v ideálnom plyne

Fyzikálny princíp:

Objem V ideálneho plynu pri stálom tlaku p sa mení priamo úmerne s jeho teplotou t . Tento

dej charakterizuje Gay–Lussacov zákon $\frac{V}{t} = k$ (4.5), kde k je konštanta.

Cieľ:

Odmerať závislosť $V = V(t)$, presvedčiť sa, že pri konštantnom tlaku $p = \text{konšt.}$, je medzi

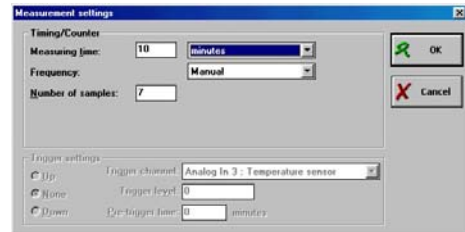
objemom V a jeho teplotou T priama úmernosť $\frac{V}{t} = k$, kde k je konštanta.

Pomôcky:

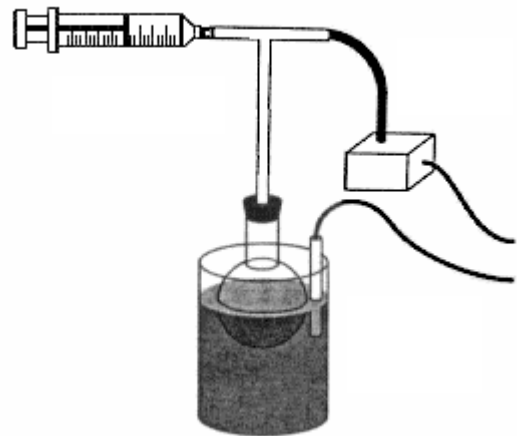
sklenená banka, ohrievač s vodným kúpeľom, svorky, gumená zátka, sklenená trubička v tvare T, plastová hadička, plastová striekačka, tlaková sonda, teplotná sonda, počítač so systémom COACH5, merací panel CoachLabII

Postup:

1. V projekte *Exploring Physics* otvoríme súbor *Izobarický dej*. Ak súbor pripravený nemáme, otvoríme nový súbor-úlohu, v ktorej na kanál 3 (resp.1) pripojíme sondu tlaku a na kanál 4 (resp.2) teplotnú sondu. Dobu merania nastavíme na 10min. Keďže objem plynu budeme zadávať z klávesnice, nastavíme frekvenciu snímania na *Manual* (*Vlastnéručne*) a počet meraní nastavíme v ponuke *Number of samples* (*Počet vzoriek*) napr. na 7 (obr.4.8). Do jedného z okien môžeme zobraziť hodnoty tlaku v digitálnej podobe pre kontrolu stálej hodnoty tlaku počas merania pomocou ponuky *Displej*, ktorú vyvoláme stlačením pravého tlačidla myši alebo kliknutím na príslušnú ikonu na hornom paneli. Na displej zobrazíme údaje z kanála 3 (resp.1), na ktorom máme pripojený tlakovú sondu. Nastavíme osi grafov závislosti teploty od času a objemu od času, resp. graf závislosti objemu od teploty.

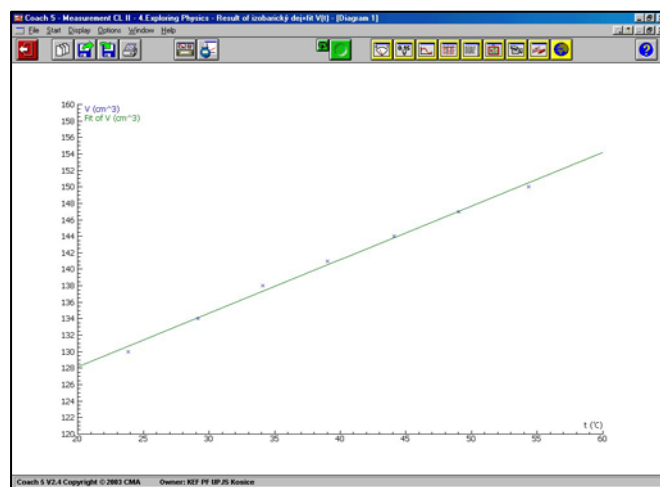


obr.4.8 Nastavenie merania



obr.4.9 Schéma zostavy experimentu

2. Zostavíme pomôcky podľa zobrazenej schémy (obr. 4.9). Banku naplnenú suchým vzduchom ponoríme celú až po hrdlo do studenej vody v ohrievači. Pomocou prevrtanej gumenej zátky, sklenej trubičky v tvare T a krátkej plastovej hadičky ju spojíme s tlakovou sondou a plastovou striekačkou. Piest striekačky posunieme tak, aby objem



obr.4.10 Graf závislosti objemu od teploty

vzduchu v striekačke bol čo najmenší. Spolu s bankou do vody umiestnime aj teplotnú sondu.

3. Stlačením zelenej tlačidla spustíme meranie. Ohrejeme vodu v ohrievači o niekoľko stupňov a ohrievač vypneme. Počkáme, kým sa teplota a tlak prestanú meniť. Posunieme piest striekačky tak, aby tlak nadobudol takú hodnotu ako na začiatku merania. Opätovným stlačením zelenej klávesy sa objaví okno, do ktorého prostredníctvom klávesnice zapíšeme hodnotu objemu vzduchu. Objem vzduchu získame súčtom objemu vzduchu v striekačke a v sklenenej banke na základe ich vnútorných parametrov. Hodnoty tlaku, teploty a objemu sa zapisujú do tabuľky. Tento postup opakujeme aspoň 5-krát, pokiaľ nedosiahneme maximálne možný objem. Meranie môžeme kedykoľvek ukončiť stlačením červeného tlačidla na paneli.
4. Po skončení merania máme zobrazenú závislosť $V = V(t)$ objemu od teploty. Táto závislosť sa dá aproximovať priamkovým grafom (obr. 4.10). Voľbou ponuky *Analyse/Fit function (Analýza/Fit funkcie)*, ktorú vyvoláme stlačením pravého tlačidla myši potom graf fitujeme lineárnou funkciou (podobným postupom ako v experimente 4.2).

Otázky:

Zdôvodnite možné zdroje chýb merania.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] Andrews, W., A., Elgin Wolfe, T.,J., Eix, J.,F.: Physical Science, an introductory study, Prentice-Hall of Canada, Ltd. Scarborough, Ontario, 1978
- [2] Bartuška, K., Svoboda, E.: Fyzika pro gymnázia, Molekulová fyzika, termodynamika, Prometheus, 1993
- [3] Brož, J. a kol.: Základy fyzikálních měření, SPN Praha, 1983
- [4] Brož, J. Roskovec, V., Valouch, M.: Fyzikální a matematické tabulky, SNTL, Praha, 1980
- [5] Fuka, J. a kol: Cvičenia z fyziky pre 2. ročník gymnázia, SPN Bratislava 1986
- [6] Hajko, V., Daniel-Szabó, J.: Základy fyziky, Veda, Bratislava, 1983
- [7] Hlavička, a kol.: Fyzika pre pedagogické fakulty, 1.diel, SPN Praha, 1971
- [8] Kašpar, E., Vachek, J.: Pokusy z fyziky na středních školách, 1.díl, SPN, Praha, 1967
- [9] Kolín, j.: Pokusy s IP COACHem, Kladno, 1995
- [10] Koubek, V. a kol.: Školské pokusy z fyziky, SPN, Bratislava, 1992
- [11] Koubek, V., Pecen, I.: Fyzikálne experimenty a modely v školskom mikropočítačom podporovanom laboratóriu, Univerzita Komenského Bratislava, 1999
- [12] Onofrejšová, M.: Školské experimenty s využitím vybraných senzorov v systéme IP COACH, diplomová práca, PF UPJŠ, Košice, 2001
- [13] Palušek, Š.: Školské experimenty v systéme IP COACH, diplomová práca, PF UPJŠ, Košice, 1999
- [14] Pushkin, D., B., Zheng, T., F.: Using computer interfacing to graphically illustrate phases of water, Physics Education, vol.30(2), 1995, 81-85
- [15] Svoboda, E a kol.: Fyzika pre 2. ročník gymnázia, SPN Bratislava, 1985
- [16] Szydłowski, H.: Microcomputers in Physics Experiments, Institute of Physics, Poznan, 1994
- [17] www.cma.science.uva.nl, webová stránka systému IP COACH

