



www.sps-karvina.cz/fyzwebik

VYUŽITÍ POČÍTAČOVÉHO SYSTÉMU **IP- COACH** A KARTY **AUR 12** V LABORATORNÍCH CVIČENÍCH VE VÝUCE **FYZIKY** NA **SPŠ KARVINÁ**

METODICKÉ MATERIÁLY POPISUJÍCÍ
JEDNOTLIVÁ LABORATORNÍ CVIČENÍ
V PC SYSTÉMU **IP- COACH**

OBSAH

- I.0 Stručný popis IP- COACH** **str. 3-5**
- I.1 Laboratorní práce č.1** **str. 6-7**
Měření okamžité rychlosti rovnoměrně zrychleného pohybu
- I.2 Laboratorní práce č.2** **str. 8-9**
Ověření druhého Newtonova pohybového zákona
- I.3 Laboratorní práce č.3** **str. 10-12**
Izochorický děj v ideálním plynu

Stručný popis IP- COACH

Nutné vybavení

1. PC karta AUR 8 nebo AUR 12

2. Měřicí panel CMA

3. Senzory CMA

4 . Zesilovač analogového signálu

→1. PC karta AUR 8 nebo AUR 12 (UIA - 8 bit, UIB - 12 bit)

Karta AUR umožňuje uživateli využít systém **IP- Coach** jako laboratorní přístroj pro řadu experimentů. Na rozhraní **AUR** se napojují snímací senzory a to prostřednictvím měřícího panelu.

AUR8 (8 bitové rozhraní CMA - UIA)

A/D převodník - integrovaný obvod ADC0844

Počet vstupů - 4 (kanály 1 až 4)

Napěťové rozsahy vstupního napětí

Kanál 1 a 2: 0 V až +5 V

Kanál 3 a 4: 0 V až +1 V

Vstupní impedance kanálů: 100 MΩ

Rozlišovací schopnost je 20 mV pro kanály 1 a 2
a 4 mV pro kanály 3 a 4.

AUR12 (12 bitové rozhraní CMA - UIB)

A/D převodník - integrovaný obvod ADS7803

Počet vstupů- 4 (kanály 1 až 4)

Napěťové rozsahy vstupního napětí

Kanál 1 a 2: -5 V až +5 V

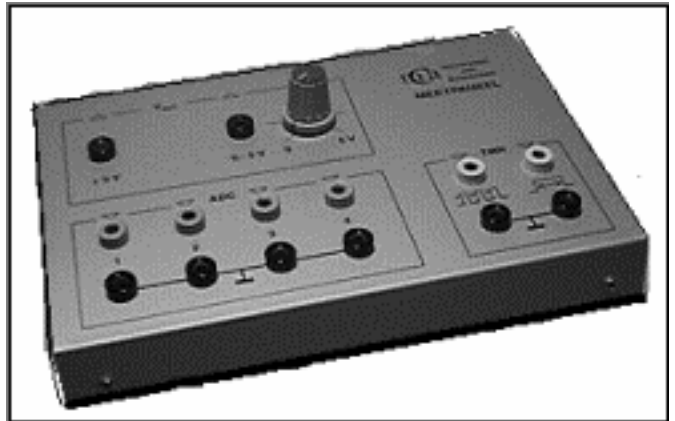
Kanál 3 a 4: -1 V až +1 V

Vstupní impedance kanálů: 100 MΩ

Rozlišovací schopnost je 2,5 mV pro kanály 1 a 2
a 0,5 mV pro kanály 3 a 4.

→2. Měřicí panel CMA

Měřicí panel s 9 kontaktním konektorem umožňuje připojit na kartu AUR senzory CMA a další prvky, které slouží jako zdroj elektrického signálu. Panel umožňuje současné připojení a měření čtyř analogových napětí ke čtyřem kanálům - dvojicím svorek (Obr. 2.1). V pravé spodní části panelu je vstup, na který přivádíme digitální napěťové pulsy. Frekvenci a délku pulsů můžeme měřit a digitálně zobrazovat naměřené hodnoty.



Obr. 2.1 Měřicí panel. Vlevo nahoře jsou svorky napěťového zdroje 0 až + 5 V, s možností odběru proudu do 100 mA (AUR8) nebo do 200 mA (AUR12).

→3. Senzory CMA

Senzory jsou převodníky, které mění měřenou fyzikální veličinu na elektrické napětí. Senzory tedy snímají fyzikální veličiny (mechanické, tepelné, elektrické, magnetické, akustické, světelné, ...) a mění je na analogový napěťový signál. Jsou v širokém rozsahu lineární. Výstupní napětí sensorů musí být nastavené v určitém rozsahu tak, aby bylo možné využít celý interval citlivosti senzoru (v případě A-D převodníku na kartě AUR8 je to napětí v rozsahu 0 až 5 voltů v kanálech 1 a 2 a v rozsahu 0 až 1 voltů v kanálech 3 a 4).

Souprava nabízí tyto senzory

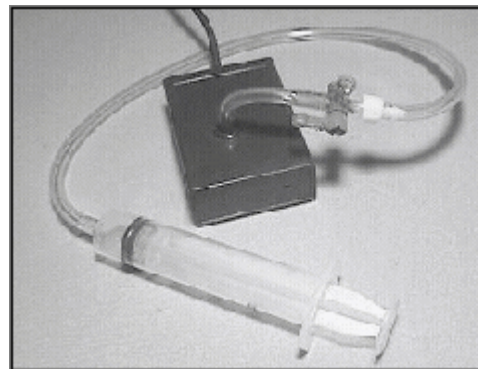
- *rotační senzor (snímač polohy)*
- *senzor na snímání teploty*
- *senzor na snímání intenzity světla*
- *magnetický senzor (Hallova sonda)*
- *souprava ultrazvukových vysílačů a přijímačů na měření polohy a rychlosti pohybujících se předmětů*
- *snímač tlaku*
- *mikrofon*
- *pH senzor a další snímače*

Výstupní vodiče senzorů jsou označeny barevně, což zjednodušuje jejich připojení k měřicímu panelu:

červená – napájení (+5 V)

černá – uzemnění

žlutá – signál



Obr. 2.2 Snímač tlaku

→4 . Zesilovač analogového signálu

K měření veličin se používají senzory s různými parametry. Liší se navzájem citlivostí a měřicím rozsahem. Tento rozsah většinou neodpovídá napětovému rozsahu A-D převodníku AUR (0 až +5V, příp. 0 až +1 V). Pokud výstupní napětí senzorů nespĺňuje uvedené požadavky, je třeba ho upravit. Napětový signál se může změnit např. *zesílením a změnou základní úrovně*. Zesilovač umožňuje až 1000 násobné zesílení analogových napětí, získaných senzory. To umožňuje nastavit a zajistit hodnotu napětí, v okolí které se mění snímaný analogový signál.



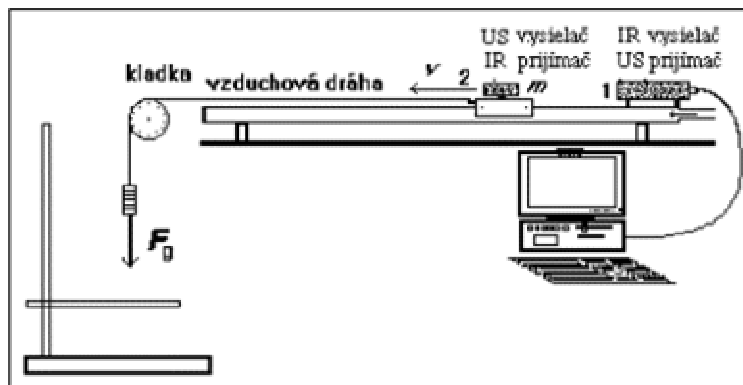
Obr. 2.3 Zesilovač analogového signálu

Poznámka: Změřené a zpracované hodnoty jsou v programu **IP-Coach TABULKOVÝ KALKULÁTOR**, v souborech **ISOCH**. Nepracované výsledky měření závislosti teploty a tlaku na čase najdete v souboru **EX_ISOCH**.

I.1. Laboratorní práce č.1

Měření okamžité rychlosti rovnoměrně zrychleného pohybu na vzduchové dráze

Pomůcky: Vzduchová dráha, stojan s plošinou s měnitelnou výškou pro zachycení závaží, malé závaží (přibližně 2 g až 5 g), **CMA**. Interface AUR8, IP-Coach 3, ultrazvukový senzor na stanovení polohy (USP).



Obr1.1

Fyzikální jev: Na obr.1.1 je vzduchová dráha s kluzákem, který uvedeme do rovnoměrně zrychleného pohybu prostřednictvím závaží upevněného na niti. Po zachycení závaží na plošině upevněné na stojan, bude další pohyb kluzáku rovnoměrný.

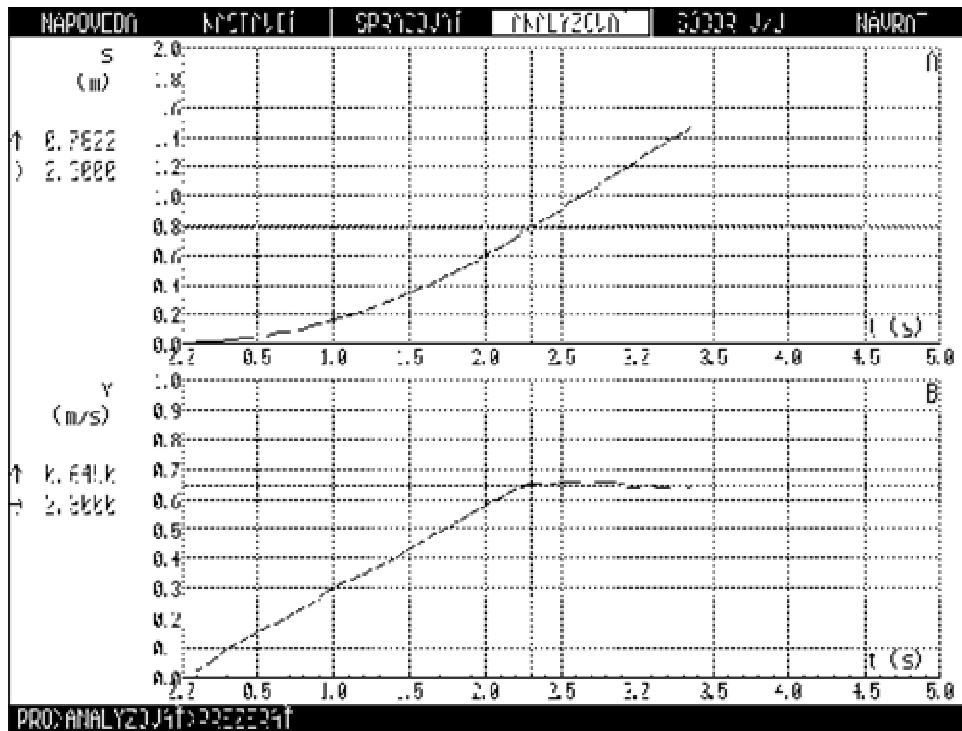
Cíl měření: Vykonat experiment, při kterém se zobrazí graf závislosti dráhy a rychlosti na čase tělesa, jak se těleso nejdříve pohybuje rovnoměrně zrychleně a potom, od určitého času t' , rovnoměrně.

Příprava: Připravíme vzduchovou dráhu. Přesvědčíme se, že dráha je vodorovná (rychlost pohybu vozíku, který zlehka postrčíme, by se neměla při pohybu podél dráhy měnit). Postavíme vozík na začátek dráhy a kontrolujeme, zda jsou senzory na pevné a pohyblivé části soupravy otočené čelem proti sobě. Na zadní straně pohyblivé části soupravy (2) je tlačítko, kterým uvedeme do činnosti ultrazvukový vysílač.

Na konec dráhy upevníme kladku a vedeme přes ní vlákno, které je jedním koncem připevněné na vozík vzduchové dráhy a na druhém konci má zavěšené závaží. Pod závaží postavíme stojan s pohyblivou plošinou, kterou nastavíme do vhodné výšky tak, aby zachytila závaží při jeho pohybu dolů, když vozík urazí přibližně polovinu celkové dráhy.

Příprava programu KINEGRAF: V menu **UPRAVIT** nastavíme v nabídce **Měření** kurzor **Doba trvání** a nastavíme některou z nabízených hodnot časového intervalu. Dále stisknutím klávesy **<ENTER>** aktivujeme vstup, na který jsme připojili ultrazvukový senzor (*Poloha 1*, nebo *2*) a nastavíme **Rozsah** 2 m. U volby **Senzory** se objeví základní nastavení rychlosti zvuku (340 m/s). Tuto zkalibrujeme pouze při větších odchylkách od teploty 20 °C. Předpokládáme, že rychlost vozíku nepřekročí hodnotu 1,00 m/s.

Realizace: V menu **MĚŘENÍ** zvolíme **Start**. Na svislých osách x , v by se měly objevit světelné značky, jejichž poloha se mění, pokud pohybujeme vozíkem. Nemí-li tak, zkontrolujeme vzájemnou polohu senzorů a stlačíme znovu spínač na pohyblivém senzoru. Je-li vše v pořádku, uvolníme vozík a současně stlačíme mezerník **<Space>**. Měření ukončíme, stlačením klávesy **<Esc>**. Jsou-li zobrazené grafy OK, uložíme je do paměti (**SOUBOR V/U, Uložit, Název souboru <ENTER>**).



Obr. 4-1-2 Na obrázku je příklad záznamu měření.

Zpracování: Provedeme rozbor časových závislostí zobrazených grafů. V čase t' , po zachycení závaží, se rovnoměrně zrychlený pohyb změnil na rovnoměrný pohyb. Od času t' je graf dráhy kluzáku přímka. Směrnice této přímky se rovná rychlosti kluzáku. Rychlost rovnoměrného pohybu po zachycení závaží je rovna poslední hodnotě okamžité rychlosti rovnoměrně zrychleného pohybu, který kluzák konal v čase $t < t'$. Přímka grafu rychlosti je od tohoto času rovnoběžná s časovou osou.

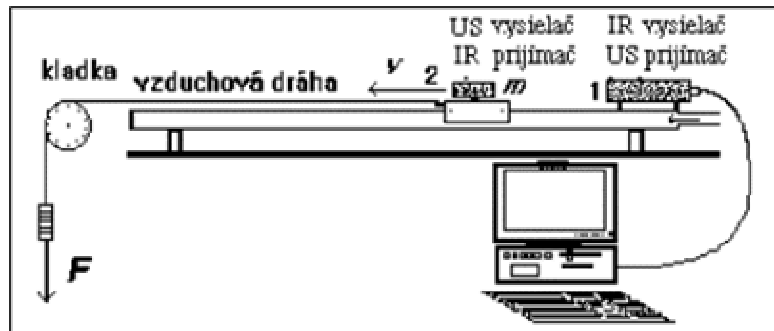
Úloha 1: Měřením plochy pod čarou grafu $v = v(t)$, rychlosti v v závislosti na čase, určete dráhu, kterou kluzák urazil do zachycení závaží. (V programu **IP-Coach : Zpracování, Analyzovat, Plocha**, se měřená hodnota zobrazuje v pravém dolním rohu obrazovky). Změřenou hodnotu dráhy porovnejte se souřadnicí $s(t')$ bodu z grafu závislosti $s = s(t)$.

Úloha 2: Měřením grafu $x = x(t)$ určete rychlost kluzáku po zachycení závaží (využijte program **IP - Coach : Zpracování, Analyzovat, Směrnice** - měřená hodnota směrnice se zobrazuje v pravém dolním rohu displeje). Změřenou hodnotu rychlosti porovnejte se souřadnicí $v(t')$ z grafu $v = v(t)$ v čase t' , ve kterém jsme zachytili závaží.

I.2. Laboratorní práce č.2

Ověření druhého Newtonova pohybového zákona

Pomůcky: Vzduchová dráha, závaží (100-300 g), **CMA:** Interface AUR8, IP-Coach 3, ultrazvukový senzor na stanovení polohy (USP).



Obr. 2.1

Popis: Obrázek 2.1 znázorňuje schéma zapojení vzduchové dráhy a ultrazvukové soupravy CMA umožňující snímat a na displeji počítače zobrazit grafy závislosti dráhy $s = s(t)$ a rychlosti $v = v(t)$, v závislosti na čase. Na kluzák pohybující se na vzduchovém polštáři působí ve směru pohybu stálá síla F , způsobená závažím připojeném ke kluzáku lankem, vedeným přes kladku.

Konstantní síla působící na kluzák je příčinou stálého zrychlení jeho přímočarého pohybu. Velikost zrychlení $a = F/m$ závisí na dvou parametrech, $a = a(F, m)$. Velikost síly F je rovná tíze závaží zavěšeného na lanku. Celková hmotnost m pohybující se soustavy se skládá z hmotnosti vozíku s ultrazvukovým vysílačem, hmotnosti závaží na konci lanka a případně i dalších závaží, které se nacházejí na vozíku. Metodika ověřovacího experimentu je obvykle založena na ověření dvou úměrností, vyplývajících ze vztahu $a = \frac{F}{m}$.

Postupně je třeba ověřit, že je splněná:

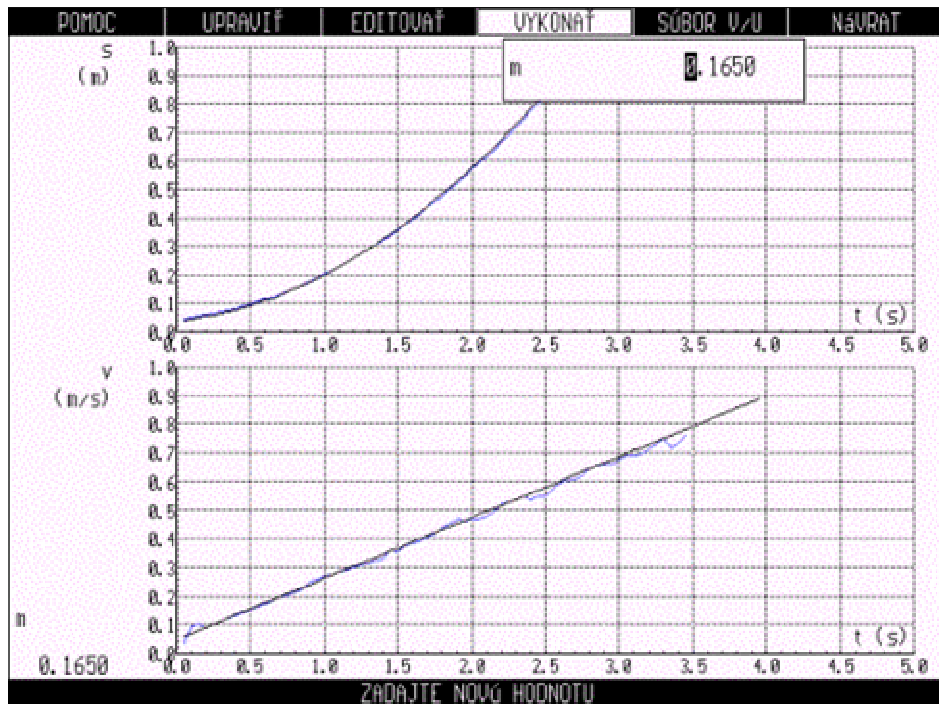
1. přímá úměrnost $a \sim F$, při konstantní celkové hmotnosti m
2. nepřímá úměrnost $a \sim \frac{1}{m}$, při konstantní síle F , působící na kluzák.

Poznámka.

- Při použití klasických prostředků, stopek a měřidla, je třeba provést několik měření, při kterých se při působení určité síly F na vozík a z času a dráhy se vypočítá zrychlení a ze vztahu $s = a t^2/2$. Při každém měření by měly takto stanovené hodnoty zrychlení odpovídat hodnotám vypočítaným ze vztahu $a = F/m$.
- Aby byla splněná podmínka konstantní celkové hmotnosti m v první části ověřovacího experimentu, je třeba změnu síly - výměnu závaží na konci lanka, uskutečnit překládáním závaží z vozíku na konec lanka - ne však přidáváním dalších závaží nacházejících se mimo pohyblivou část vzduchové dráhy.

Ověřování, které jsme si popsali v předcházející poznámce, je poměrně zdlouhavé a je třeba při něm provést řadu výpočtů. Použijeme-li ultrazvukovou soupravu CMA a programové vybavení **IP-Coach**, proběhne ověřování rychleji a jednodušeji:

Základem ověřovacího postupu je postupné zobrazení empirických grafů získaných snímáním pohybu kluzáku na vzduchové dráze pomocí ultrazvukové sondy soupravy CMA. Toto snímání se uskutečňuje s podporou programu **IP-Coach KINEGRAF**. Nasnímané grafy potom vyvoláme jako **Pozadí** do programu **MODELOVÁNÍ**. V tomto programu simulujeme rovnoměrně zrychlený pohyb kluzáku tak dlouho, dokud grafy, které jsou výsledkem matematického modelování jsou totožné s grafy, získanými měřením. Dokážeme, že hodnoty celkové hmotnosti m , působící síly F , jsou rovné empirickým hodnotám, použitým při experimentu.



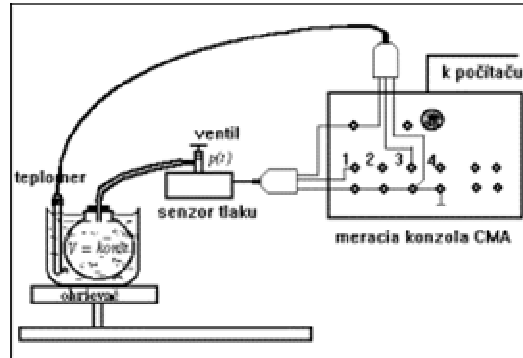
Obr. 5-2-3 Příklad měření zobrazeného jako pozadí v programu IP-Coach MODELOVÁNÍ. Empirické grafy dráhy $s = s(t)$ a rychlosti $v = v(t)$ se překrývají s grafy, získanými matematickým modelováním. Při simulaci jsme použili konstanty a počáteční hodnoty $m = 165$ g, $v = 0.05$ m/s, $s = 0.04$ m. Tyto hodnoty se shodují se skutečnými podmínkami experimentu.

Při ověřování opakujeme experiment několikrát (dvakrát, třikrát, ...) pro různé hodnoty hmotností závaží (síly F) nebo zatížení vozíku. Při každém opakování experimentu *musí* dojít ke zhodě mezi reálnými a simulovanými podmínkami.

Laboratorní práce č.3

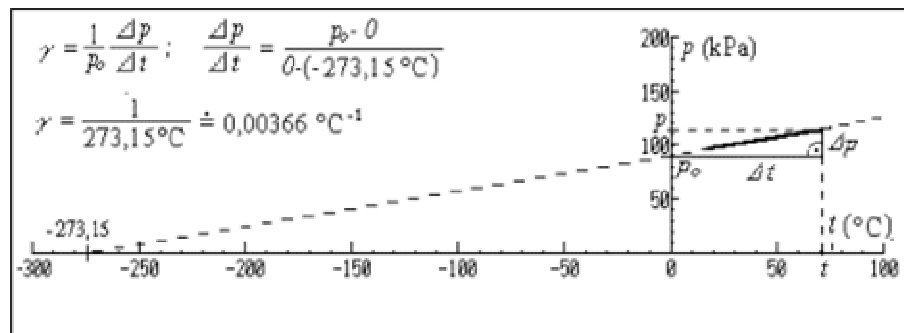
Izochorický děj v ideálním plynu

Pomůcky: Kádinka, banka, plastická hadička, vaříč, stojan, svorky.
CMA-Měřící panel, senzor teploty, senzor tlaku, IP-Coach MULTISKOP



Obr. 3.1

Fyzikální jev: Tlak ideálního plynu se v závislosti od teploty lineárně zvětšuje podle zobrazeného matematického modelu viz obr. 3.1. Graf tlaku p v závislosti na teplotě t by měl po extrapolaci procházet bodem $-273,15\text{ °C}$ na ose teploty.



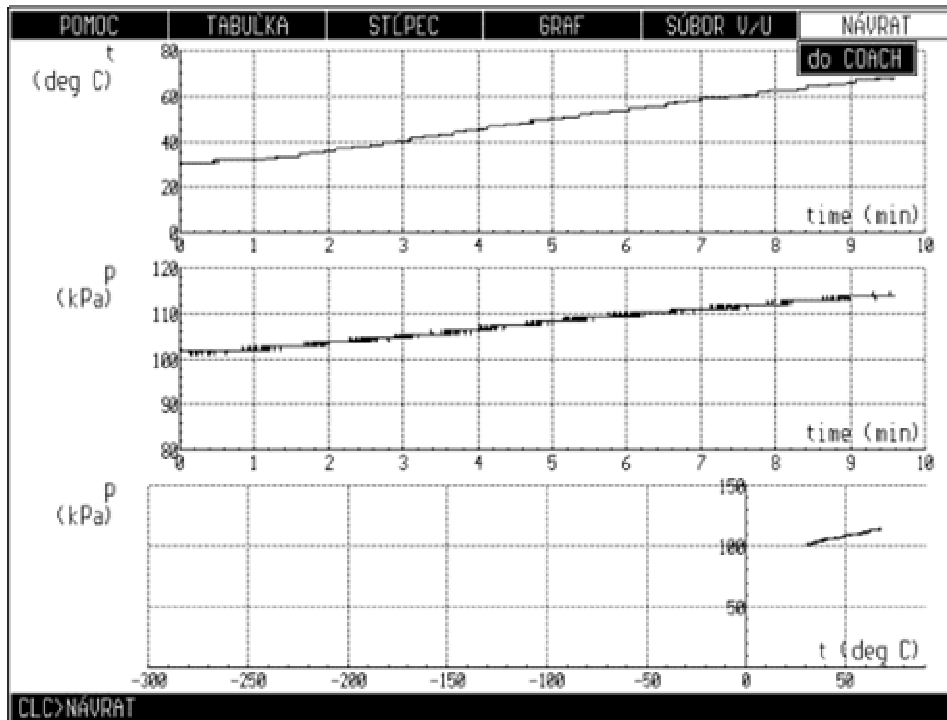
Obr. 3.2

Cíl měření: Změřit závislost $p = p(t)$; přesvědčit se, že pro konstantní objem plynu, $V = \text{konst.}$, je lineární a vyhovuje předpisu $p = p_0(1 + \alpha t)$, kde $\alpha = 1/273,15\text{ °C} = 0,00366\text{ °C}^{-1}$ je součinitel teplotní rozpínavosti plynu.

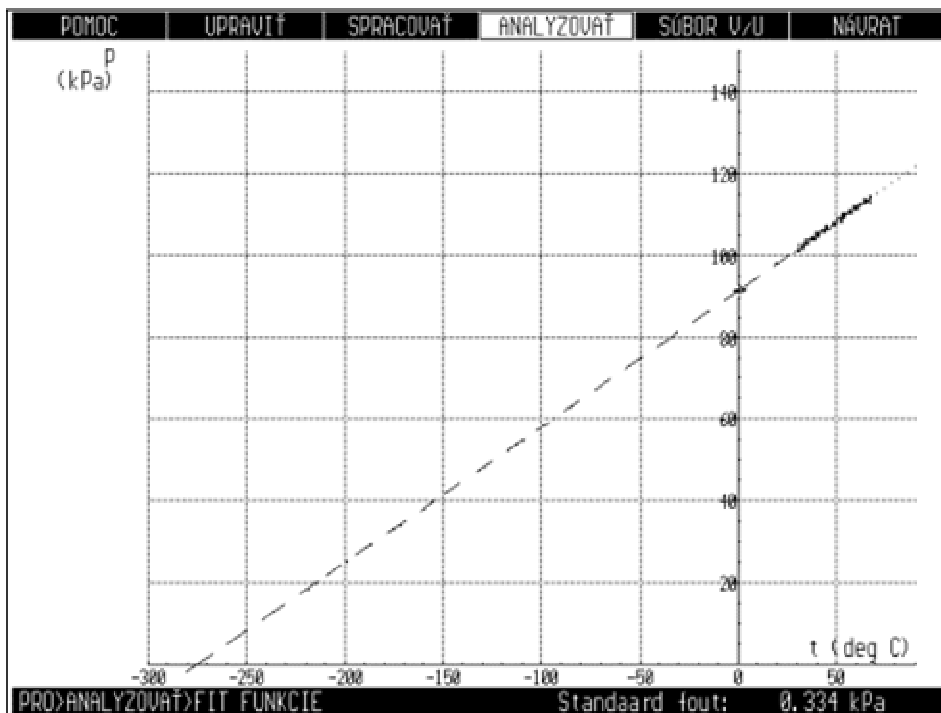
Příprava: Sestavíme pomůcky podle zobrazeného schématu viz **obr. 3.1**. Banku naplněnou suchým vzduchem umístíme do studené vody v kádince. Pomocí provrtané gumové zátky, krátké skleněné trubičky a co nejkratší plastické hadičky ji spojíme se vstupním otvorem tlakového senzoru. Měřené hodnoty teploty a tlaku se budou zobrazovat v programu **MULTISKOP** v závislosti na čase. Použijeme kalibrační nastavení pro teplotu od 0 až do 100 °C a pro tlak 100 kPa až 120 kPa.

Realizace: Zapneme vařič a spustíme měření v programu **MULTISKOP**. Rychlost ohřevu upravíme tak, aby jsme dosáhli změnu teploty v intervalu od 20 do 80 °C přibližně 10 min. Příklad výsledků měření představují první dva grafy na **obr. 3.3**.

Zpracování: V programu **IP-Coach SPRACOVÁNÍ** vyloučíme z měřených závislostí společný parametr čas, aby jsme dostali závislost $p = p(t)$, tlaku na teplotě (příklad je na **obr. 3.3** třetí graf). V podprogramu **Analyzovat** potom graf fitujeme lineární funkcí, aby jsme zjistili hodnotu součinitele α a našli bod, ve kterém přímka protne osu teploty viz graf na **obr.3.4**.



Obr. 3.3 Příklad měření **teploty** (v °C) a **tlaku** (kPa) v závislosti na čase (*time* v min) v programe **MULTISKOP** (dva grafy nahoře). Třetí graf jsme získali v programu **ZPRACOVÁNÍ** vyloučením společného parametru **čas**.

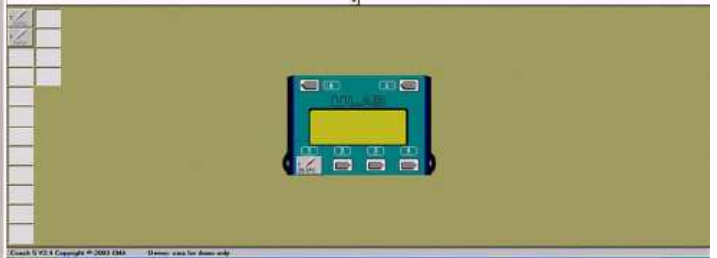
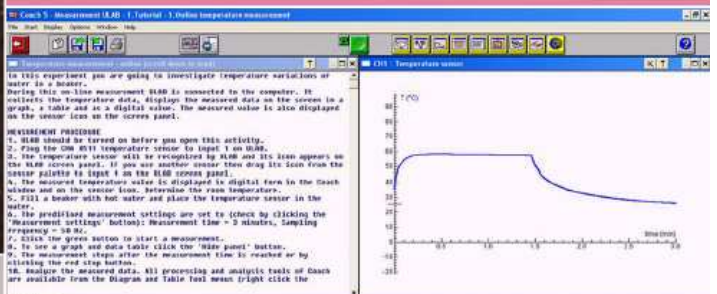


Obr. 3.4 Třetí graf z **obr. 3.3** zobrazený v programu **ZPRACOVÁNÍ - Analyzovat**. Lineární extrapolací k hodnotě tlaku $p = 0$ vychází teplota $t = -273$ °C.

Nabídkový katalog firmy CMA 2005



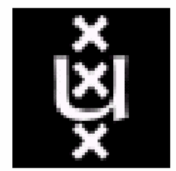
2005 Catalog Products for Science and Technology Education

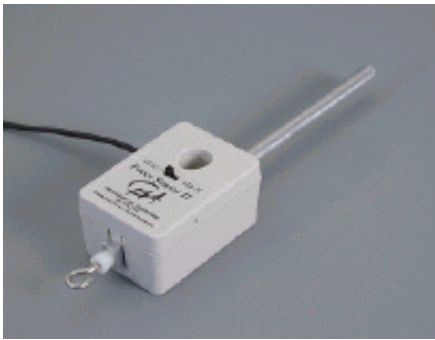


**CMA offers
Complete System
for Science and Technology
Learning**

CMA

Kruislaan 404, 1098 SM Amsterdam, The Netherlands
Tel: +31 20 5255886, Fax: +31 20 5255866
E-mail: cmainternational@science.uva.nl
<http://www.cma.science.uva.nl>





obrázky: 3 sondy a měřicí panel z nabídkového katalogu firmy CMA 2005