

<b>KATEDRA FYZIKY</b> VŠB-TU OSTRAVA		
Student	<b>Verifikace stavové rovnice ideálního plynu pro izotermický a izobarický děj</b>	Číslo práce 3
Skupina/Osob. číslo		Datum
Spolupracoval		Podpis studenta:

### **Cíle měření:**

Ověřit vztah mezi objemem a tlakem vzduchu při konstantní teplotě. Ověřit vztah mezi teplotou a objemem vzduchu při konstantním tlaku.

### **Měřicí prostředky:**

základní jednotka Cobra3, síťový adaptér Cobra3, modul Cobra k měření tlaku (měřicí rozsah  $0-2 \cdot 10^5$  Pa, časová odezva 1 ms, přetížitelnost  $4 \cdot 10^5$  Pa), teplotní polovodičové čidlo (rozsah  $-20^\circ\text{C}$  až  $+110^\circ\text{C}$ ), plynový válec 100 ml, skleněný plášť, magnetické míchací tělíčko, magnet o rozměrech  $10 \times 200$  mm, plastová nálevka, hadice pryžová a silikonová, topné těleso, dva chemické držáky, propojovací kabel, podstavec aparatury

### **Kompendium teorie:**

Rovnovážný stav ideálního plynu je jednoznačně určen tlakem  $p$ , objemem  $V$  a teplotou  $T$ . Objem je vnějším parametrem jednoduché homogenní soustavy, kterou ideální plyn představuje, zbývající dvě stavové veličiny, tlak a teplota, jsou vnitřními parametry soustavy. Pro látkové množství  $n$  ideálního plynu platí stavová rovnice:

$$pV = nRT,$$

kde  $R$  je molární plynová konstanta ( $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ). Stavová rovnice ideálního plynu platí přibližně i pro plyny reálné za nízkého tlaku.

Při izotermickém ději je teplota plynu stálá a podle stavové rovnice ideálního plynu je součin tlaku a objemu plynu neměnného látkového množství konstantní (zákon Boyleův-Mariotteův):

$$pV = \text{konst.}$$

Při izobarickém ději je tlak plynu stálý a podle stavové rovnice ideálního plynu je podíl objemu a teploty plynu neměnného látkového množství konstantní (zákon Gay-Lussacův):

$$\frac{V}{T} = \text{konst}$$

### Pokyny k vlastnímu měření:

1) Nastavte jednotku Cobra3 tak, abyste na displeji zobrazili tlak vzduchu ve válci. Pokud nesplývá ryska na válci s ryskou na pístu, posuňte rukou píst k nejbližšímu místu splnutí – píst dostanete do výchozí polohy. Pomalu posouvejte tlakem ruky skleněný píst ve skleněném válci tak, abyste kompresí snížili objem  $V$  vzduchu ve válci o 10 ml a pak uvedli píst do původní polohy. Následně zvyšte expanzí objem rovněž o 10 ml vzhledem k výchozí poloze a nakonec navraťte píst do původní polohy. Během posouvání si zapisujte v ml celočíselné hodnoty objemu a jim náležící hodnoty tlaku tak, abyste měli ke zpracování dat k dispozici 21 hodnot objemu a 42 hodnot tlaku; tzn. ke každému objemu, který si zaznamenáte, získáte dvě hodnoty tlaku. Při kompresi a expanzi probíhá se vzduchem ve válci a přírodní hadici přibližně izotermický děj. Objem vzduchu v hadici  $V_0$  stanovte lineární regresí (viz [http://homel.vsb.cz/~uhl72/excel\\_regrese.doc](http://homel.vsb.cz/~uhl72/excel_regrese.doc)) závislosti objemu vzduchu ve válci na převrácené hodnotě tlaku:

$$p(V + V_0) = nRT \Rightarrow V = nRT \left( \frac{1}{p} \right) - V_0,$$

kde  $nRT$  a  $-V_0$  představují regresní koeficienty.

2) Připravte jednotku Cobra3 na měření teploty. Z ovládací jednotky Cobra3 si poznamenejte teplotu vzduchu ve skleněném válci.

3) Zapněte topné těleso. Sledujte, jak s teplotou roste objem a pro celočíselné hodnoty objemu v ml zapisujte teplotu. **Zahřívání vodní lázně ukončete v okamžiku, kdy teplota dosáhne 55°C (328,15 K), zapisování dat však ukončíte až poté, kdy přestane objem plynu růst!** Magnetem občas uveďte do pohybu míchací tělíčko, abyste promíchali vodu, ve které se válec s pístem nachází. Protože na píst během zahřívání nepůsobíte zvnějšku silou a tření mezi pláštěm pístu a vnitřním povrchem válcové nádoby je minimalizováno olejovým filmem, probíhá se vzduchem uvnitř děj přibližně izobarický.

4) Pro děj izotermický zakreslete závislost součinu  $pV_c$  na pořadí měření, pro děj

izobarický závislost  $\frac{V_c}{T}$  opět na pořadí měření a V-T diagram (opět s objemem

$V_c$ ).  $V_c$  je celkový objem vzduchu, tedy součet objemu vzduchu ve skleněném válci (odečtený ze stupnice) a v přívodní hadici:  $V_c = V_0 + V$ .

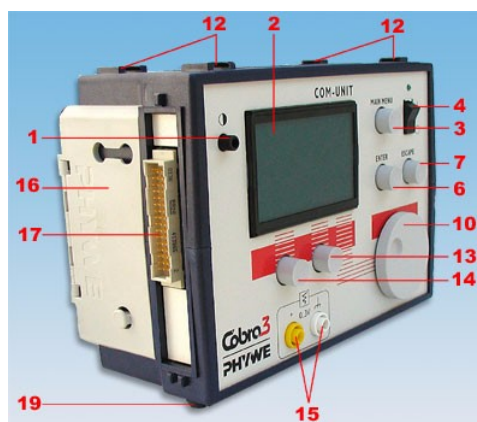


**Obrázek 1** Uspořádání měřicích prostředků na pracovním stole

### Nastavení měřicí jednotky Cobra3 (obr. 2):

Měření tlaku: Na řídicí jednotce Cobra3 COM zmáčkněte tlačítko MAIN MENU (3) a pomocí selekčního kolečka (10) vyberte volbu *Port Config* stiskem tlačítka ENTER (6). Stejným způsobem pak zvolte *Modul-Port*.

Měření teploty: Na řídicí jednotce Cobra3 COM zmáčkněte tlačítko MAIN MENU a obdobným způsobem jako v předchozím případě zvolte postupně *Port Config*, *Analog In2/S2* a *IC Temp. Sensor*. Přístroj nyní udává teplotu ve °C, pro zobrazení v Kelvinech stiskněte pravé tlačítko pod displejem (13) a zvolte K. Zmáčkněte ESCAPE (7) pro návrat do režimu zobrazení teploty.



**Obrázek 2**