

LEGEA LUI CHARLES

1. SCOPUL LUCRĂRII

Observarea variației volumului cu temperatura la presiune constantă pentru o cantitate de gaz (aer).

2. NOȚIUNI TEORETICE

Starea unui gaz este determinată de temperatură, presiune și cantitatea de substanță. În cazul particular al gazului ideal, aceste variabile sunt legate prin ecuația de stare a gazului ideal. Legătura dintre aceste mărimi este pusă în evidență prin scrierea următoarei diferențiale totale:

$$dV = \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_{P,n} dT + \left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_{T,n} dP + \left(\frac{\partial V}{\partial n}\right)_{T,P} dn \quad (1)$$

Ecuația de stare a gazului ideal se transformă în legea Charles, atunci când se lucrează în condiții izobare ($p = \text{ct}$). Pentru o cantitate cunoscută de substanță ($n = \text{const}$; $dn = 0$; cantitatea de aer care se găsește în seringă) și pentru condiții izobare ($p = \text{const}$; $dp = 0$), relația (1) devine:

$$dV = \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_{P,n} dT \quad (2)$$

Derivata parțială $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_{P,n}$ corespunde din punct de vedere geometric pantei tangentei la funcția $V = f(T)$ și astfel caracterizează dependența volumului de temperatură. Gradul acestei dependențe este determinat de volumul inițial. Coeficientul de dilatare termică este definit ca o măsură a dependenței temperaturii de volum (în care $V = V_0$ pentru $T_0 = 273,15 \text{ K}$):

$$\alpha_0 = \frac{1}{V_0} \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_{P,n} \quad (3)$$

Pentru cazul limită al gazului ideal, integrarea ecuațiilor diferențiale (2) și (3), în care

$\alpha_0 = \text{const.}$, conduce la

$$\frac{V_0}{T_0} = \frac{V}{T} \quad (4)$$

și

$$T = m \cdot V \quad (m = \text{constant}) \quad (5)$$

Pe baza acestei relații, reprezentarea grafică a temperaturii în funcție de volum este o dreaptă în care $T = T_0$ pentru $V = V_0$.

Din ecuația (3) și din legea gazului ideal

$$PV = nRT \quad (6)$$

(în care R este constanta universală a gazelor) se obține

$$\left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_{P,n} = V_0 \cdot \alpha_0 = \frac{n \cdot R}{P} = \frac{1}{m} \quad (7)$$

Din această relație, se pot determina experimental α și R dacă se cunosc volumul inițial V_0 și cantitatea de substanță n (P este presiunea atmosferică).

3. PARTEA EXPERIMENTALĂ

3.1. APARATURĂ ȘI SUBSTANȚE



- Cobra 3 basic-unit
- Adaptor de curent 12 V/2 A
- Cablu de date RS232
- Modul pentru măsurarea temperaturii
- Termocuplu NiCr-Ni
- Seringă de sticlă de 100 mL cu manta de sticlă
- Plită de încălzire
- Regulator de putere
- Computer, software Cobra 3 "Legile gazului ideal"

Fig. 1. Instalația experimentală

3.2. MOD DE LUCRU

Se verifică ca instalația să fie **rece** înainte de începerea experimentului. În caz contrar, se atenționează cadrul didactic!

Se verifică ca mantaua de sticlă să fie plină cu apă rece astfel încât cilindrul interior să fie

acoperit. Se fixează volumul inițial al seringii la 50 mL, prin scoaterea cu mare atenție a dopului de cauciuc (de culoare neagră), fără a se rupe sau îndoi termocuplul (firul ce trece prin dopul de cauciuc), apoi se pune la loc acest dop, cât mai etanș. Se verifică poziția termocuplului, astfel încât să fie situat central în seringă, fără a atinge pereții acesteia sau pistonul. Se deschide softul numit “Measure” din Windows și se utilizează modulul “**Ideal gas law**”. Se verifică ca parametrii de măsurare să fie cei din figura 2, introducând presiunea atmosferică **de lucru** (aceasta poate fi măsurată cu un barometru sau, în lipsă, poate fi calculată ca media aritmetică ale presiunilor celor 3 stații meteo din București; <https://www.meteoromania.ro/>).

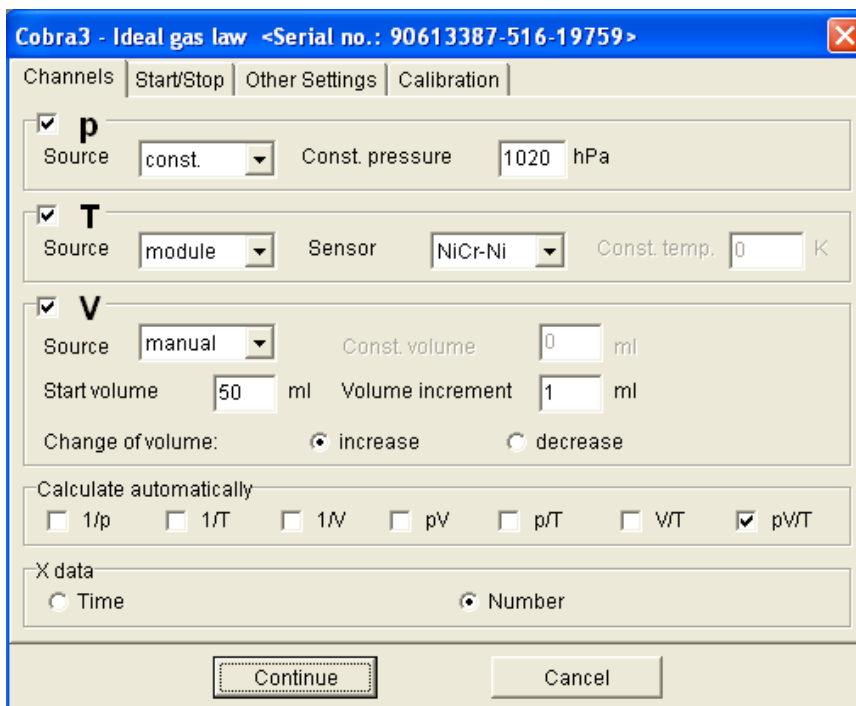


Fig. 2. Interfața software (meniul „Channels”)

Din meniul „**Start/Stop**” se alege “Get value on key press”; din meniul „**Other Settings**” se selectează digital display 1 pentru temperatura T_1 și diagram 1 cu channel temperature T , x bounds „from 1 to 15” și mode „No auto range”.

Se calibrează apoi senzorul de temperatură (din meniul „**Calibration**”) prin introducerea valorii temperaturii din laborator, măsurate cu un termometru, și se apasă “**calibrate**”. Se apasă apoi pe “**continue**” pentru a intra în meniul de înregistrare al măsurărilor.

Valorile măsurate se notează într-un tabel de forma celui de mai jos.

V, mL	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
T, K											

Se înregistrează și pe calculator prima valoare a temperaturii apăsând butonul “**save value**”,

apoi se dă drumul la încălzire și se pune regulatorul de putere pe treapta 5 sau 6. După ce volumul se modifică cu 1 mL, se apăsă din nou „save value” și se notează în tabel noua temperatură.

Când s-a atins volumul de 60 mL sau **temperatura depășește 365 K**, se oprește încălzirea și se opresc înregistrările apăsând “close”. Se deschide apoi tabelul înregistrat de calculator și se notează pe o nouă coloană temperaturile salvate.

4. PRELUCRAREA DATELOR EXPERIMENTALE

4.1. Se reprezintă grafic variația temperaturii cu volumul și se determină panta acestui grafic (m);

4.2. Cantitatea de aer (n) se calculează ca fiind raportul dintre volumul de aer din seringă (50 mL) și volumul molar al aerului în condițiile de lucru (T și P); volumul molar al unui gaz în condiții normale este $V_m = 22,414 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$ (la $T_0 = 273,15 \text{ K}$ și $P_0 = 1013,25 \text{ mbar}$ (echivalentul unei atmosfere)).

$$\text{Din } \frac{PV}{T} = ct \rightarrow \frac{PV_m^*}{T} = \frac{P_0 V_m}{T_0} \rightarrow V_m^* = V_m \cdot \frac{P_0 \cdot T}{P \cdot T_0} \rightarrow n = \frac{v}{V_m^*}$$

4.3. Din panta graficului, m și din numărul de moli de aer se calculează pe baza relației (7) constanta universală a gazelor R și coeficientul de dilatare termică, α . Se compară valorile obținute cu cele teoretice ($R = 8,31441 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$, $\alpha = 3,661 \text{ K}^{-1}$).

$$R = \frac{P}{m \cdot n} \quad ; \quad \alpha_0 = \frac{1}{m \cdot V_0}$$

4.4. Se calculează eroarea experimentală:

$$\mathcal{E} = \frac{v_{\text{exp}} - v_{\text{lit}}}{v_{\text{lit}}} \cdot 100, \% \quad (8)$$

unde:

- v_{exp} = valoarea experimentală a mărimii măsurate;
- v_{lit} = valoarea raportată în literatură a mărimii măsurate;

5. ÎNTREBĂRI

5.1. Cum se modifică volumul gazului cu temperatura? Ce observați dacă trasați graficele $V = f(t/^{\circ}\text{C})$ și $V = f(T/\text{K})$?

5.2. Care produs sau raport de proprietăți rămâne constant ($P\cdot T$, $T\cdot V$, P/V , V/T etc)? Care este valoarea acestei constante?

5.3. Derivați relația dintre două volume de gaz, V_1 și V_2 , aflate la temperaturile T_1 , respectiv T_2 .

5.4. Dacă o probă de gaz aflat la presiune constantă are volumul 417 mL la 32,4 °C, cât va fi volumul său dacă temperatura crește la 64,8 °C?