

Wprowadzenie teoretyczne

Doświadczenie „BOYLE”

Równanie Clapeyrona opisuje gaz doskonały. Z dobrym przybliżeniem opisuje także gazy rzeczywiste rozrzedzone.

$$pV = nRT$$

Z równania Clapeyrona wynika prawo Boyle'a-Mariotte'a, prawo Charlesa i prawo Gay-Lussaca.

Jeden mol to ilość substancji, która zawiera stałą liczbę cząstek równą stałej Avogadro ($N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$). Jeden mol posiada masę równą masie cząsteczkowej wyrażonej w gramach - np. 1 mol helu posiada masę 4 g, 1 gram wodoru atomowego - 1 g, 1 g wodoru cząsteczkowego - 2 g, 1 mol wody - 18 g.

Ciśnienie to siła działająca na pewną powierzchnię: $p = \frac{F}{S}$

Podstawową jednostką SI ciśnienia jest pascal ($1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2$). W praktyce często stosuje się jednostki pozaukładowe: milimetr słupa rtęci (mm_{Hg}), atmosfera (atm), bar.

Przemiana izotermiczna – Prawo Boyle'a

Jeżeli $T = \text{const}$ i zbiornik jest szczelny ($n = \text{const}$), wówczas z równania Clapeyrona wynika, że: $p \cdot V = \text{const}$

W przemianie izotermicznej pomiędzy ciśnieniem a objętością powstaje zależność: $p(V) = nRT V^{-1}$

Przemiana izobaryczna – Prawo Gay-Lussaca

Jeżeli $p = \text{const}$, wówczas z równania Clapeyrona wynika, że: $V/T = \text{const}$

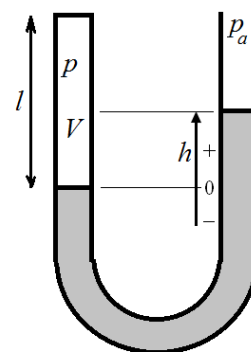
W przemianie izotermicznej pomiędzy objętością a temperaturą powstaje zależność: $V(T) = nR / pT$

Przemiana izochoryczna – Prawo Charlesa

Jeżeli $V = \text{const}$, wówczas z równania Clapeyrona wynika, że: $p/T = \text{const}$

W przemianie izotermicznej pomiędzy objętością a temperaturą powstaje zależność: $p(T) = nR / VT$

Układ pomiarowy składa się z U-rurki wypełnionej rtęcią, której jeden z końców wyposażony jest w zawór. Między zaworem a poziomem rtęci znajduje się powietrze będące obiektem, na którym dokonamy niezależnych pomiarów ciśnienia p i objętości V . Objętość powietrza można łatwo obliczyć – objętość walca (potrzebna wysokość l i średnica wewnętrzna rurki d). Ciśnienie możemy uzyskać poprzez porównanie z wartością ciśnienia atmosferycznego, wyrażonego w mm_{Hg} ($p = p_a + h$). Ciśnienie atmosferyczne p_a należy odczytać z barometru.



Uwaga praktyczna: mniejsze prawdopodobieństwo rozszczelnienia zaworu będzie wtedy, gdy wykonamy pomiary dla ciśnień niższych niż ciśnienie atmosferyczne $p \leq p_a$ (rozprężanie powietrza). W tej sytuacji zmierzona różnica wysokości h będzie ujemna ($h \leq 0$).

Zagadnienia do przygotowania:

- definicja gazu doskonałego i opis praw nim rządzących,
- jednostka ilości materii,
- jednostki ciśnienia i ich przeliczanie,
- linearyzacja funkcji hiperbolicznej.

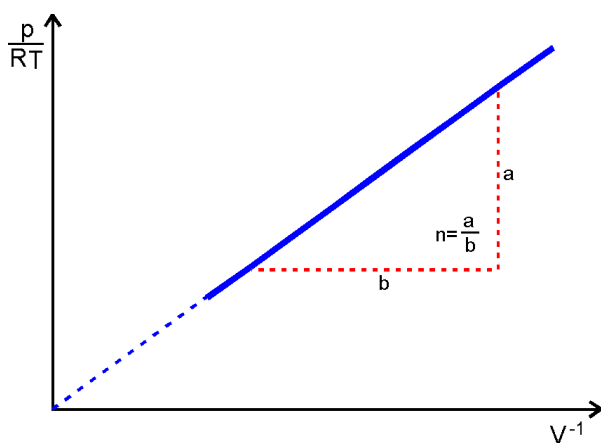
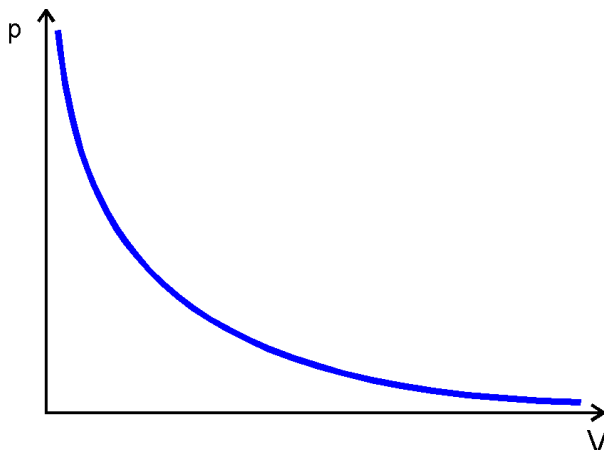
„BOYLE”

Student 1: Wyznaczanie ilości gazu metodą Boyle’a.

Student 2: Sprawdzanie prawa Boyle’a.

Baza teoretyczna

Zgodnie z prawem Boyle’a zależność ciśnienia gazu od objętości opisuje hiperbola (izoterma)

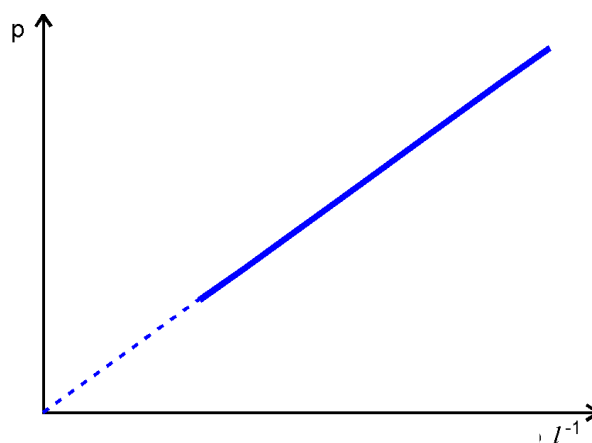


Zatem, aby **wyznaczyć ilość gazu** należy:

- wykonać pomiary zależności ciśnienia od objętości,
- sporządzić wykres zależności

$$\frac{p}{RT} = f(V^{-1})$$

- odczytać ilość moli powietrza



Zatem, aby **sprawdzić zależność** ciśnienia od objętości należy:

- wykonać pomiary zależności ciśnienia od objętości (wysokości l zamkniętego powietrza),
- sporządzić wykres zależności

$$p = f(l^{-1})$$

- zanalizować jego liniowość

„BOYLE”

Student 1: Wyznaczanie ilości gazu metodą Boyle’a

I. **Metodyka** (ideowy plan ćwiczenia)

II. **Przebieg ćwiczenia**

II.1. Przebieg czynności

II.2. Szkic układu pomiarowego

III. **Wyniki**

III.1. Wyniki pomiarów

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| l | [m] | | | | | | | | | | |
| h | [m] | | | | | | | | | | |

$\Delta l = \dots$

$p_a = \dots$ [mmHg]

$\Delta p_a = \dots$

$\Delta h = \dots$

$d = \dots$

$T = \dots$ [K]

$\rho_{(Hg)} = 13\,530 \text{ kg/m}^3$

$R = 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

III.2. **Obliczenia** (przykładowe – odnoszą się np. do pomiaru nr 3)

$$\frac{p[\text{Pa}]}{RT} = \frac{\rho[\text{kg/m}^3] \cdot g[\text{m/s}^2] \cdot (p_a[m_{(Hg)}] + h[m_{(Hg)}])}{RT} = \dots$$

$$V^{-1} = \left(\frac{1}{4} \pi d^2 \cdot l \right)^{-1} = \frac{4}{\pi d^2 \cdot l} = \dots$$

$$\Delta \frac{p[\text{Pa}]}{RT} = \frac{\rho[\text{kg/m}^3] \cdot g[\text{m/s}^2] \cdot (\Delta p_a[m_{(Hg)}] + \Delta h[m_{(Hg)}])}{RT} = \dots$$

$$\Delta V^{-1} = \frac{4}{\pi d^2 l^2} \Delta l = \dots$$

III.3. Wyniki obliczeń

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|------------------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| V^{-1} | [...] | | | | | | | | | | |
| p/RT | [...] | | | | | | | | | | |
| $\Delta(V^{-1})$ | [...] | | | | | | | | | | |
| $\Delta(p/RT)$ | [...] | | | | | | | | | | |

III.4. **Wykres**

+ obliczenie n (nachylenia prostej „najlepszego dopasowania”)

+ obliczenie n' (nachylenia prostej odchylonej)

+ obliczenie $\Delta n = |n - n'|$

IV. **Podsumowanie**

Wyznaczona ilość gazu wynosi ...

Dokładność metody: ...

Dodatkowe wnioski, spostrzeżenia, przyczyny niepewności pomiarowych.

„BOYLE”

Student 2: Sprawdzanie prawa Boyle’a.

I. **Metodyka** (ideowy plan ćwiczenia)

II. **Przebieg ćwiczenia**

II.1. Przebieg czynności

II.2. Szkic układu pomiarowego

III. **Wyniki**

III.1. **Wyniki pomiarów**

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| l | [mm] | | | | | | | | | | |
| h | [mm] | | | | | | | | | | |

$p_a = \dots$ [mmHg] $\Delta p_a =$ $\Delta l =$ $\Delta h = \dots$

III.2. **Obliczenia** (przykładowe – odnoszą się np. do pomiaru nr 3)

p [mmHg] = $p_a + h = \dots$ (Uwaga: wartość h jest ujemna przy rozprężaniu powietrza)

Δp [mmHg] = $\Delta p_a + \Delta h = \dots$

$l^{-1} = \dots$

$\Delta(l^{-1}) = |l^{-1} - (l + \Delta l)^{-1}| = \dots$

III.3. **Wyniki obliczeń**

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|------------------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| p | [...] | | | | | | | | | | |
| l^{-1} | [...] | | | | | | | | | | |
| $\Delta(l^{-1})$ | [...] | | | | | | | | | | |

$\Delta p =$

III.4. **Wykres**

IV. **Podsumowanie**

Ponieważ na wykresie ... można poprowadzić prostą przechodzącą przez wszystkie prostokąty niepewności pomiarowych, nie ma podstaw do stwierdzenia odstępstwa od ...

Ewentualnie: Odstępstwo od liniowości w zakresie ... może wynikać z

Dodatkowe wnioski, spostrzeżenia, przyczyny niepewności pomiarowych.

Wzór protokołu – wyznaczenie

.....
Imię i Nazwisko

.....
Data

Protokół z zajęć laboratoryjnych

Temat: **Wyznaczanie ilości gazu metodą Boyle’a**

Wyniki pomiarów

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| l | [m] | | | | | | | | | | |
| h | [m] | | | | | | | | | | |

$\Delta l =$

$p_{atm} =$ [mmHg]

$\Delta p_a =$

$\Delta h =$

$d =$

$T =$ [K]

✂

Wzór protokołu – sprawdzanie

.....
Imię i Nazwisko

.....
Data

Protokół z zajęć laboratoryjnych

Temat: **Sprawdzanie prawa Boyle’a**

Wyniki pomiarów

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| l | [mm] | | | | | | | | | | |
| h | [mm] | | | | | | | | | | |

$\Delta l =$

$p_{atm} =$ [mmHg]

$\Delta p_a =$

$\Delta h =$