

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: $V/T = \text{const}$

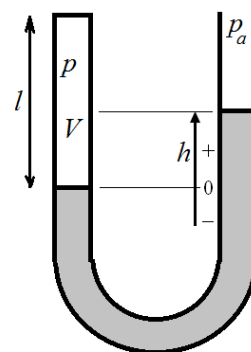
W przemianie izotermicznej pomiędzy objętością a temperaturą powstaje zależność: $V(T) = nR / pT$

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 ($h \leq 0$).

Pytania do przygotowania:

„BOYLE”

1. Zapisz wzorem równanie Clapeyrona.
2. Zapisz równanie stanu gazu doskonałego.
3. Zapisz podstawowy wzór teorii kinetycznej gazów (średnia energia kinetyczna cząsteczek gazu).
4. Wyjaśnij co to jest przemiana termodynamiczna.
5. Scharakteryzuj przemianę izotermiczną i podaj równanie stanu ją opisujące.
6. Scharakteryzuj przemianę izobaryczną i podaj równanie stanu ją opisujące.
7. Scharakteryzuj przemianę izochoryczną i podaj równanie stanu ją opisujące.
8. Scharakteryzuj przemianę adiabatyczną i podaj równanie stanu ją opisujące.
9. Przedstaw izotermę i adiabatę na wykresie $p(V)$.
10. Przedstaw izobarę na wykresie $V(T)$ i izochorę na wykresie $p(T)$.
11. Podaj wartości parametrów ciśnienia, temperatury i objętości jednego mola gazu w warunkach normalnych.
12. Podaj definicję ciśnienia i jego jednostkę w układzie SI
13. Wyjaśnij co to jest temperatura i podaj jej jednostkę w układzie SI.
14. Wyjaśnij co to jest temperatura zera bezwzględnego.
15. O ile Kelwinów wzrośnie temperatura, jeśli wzrost wyniesie $1\text{ }^{\circ}\text{C}$?

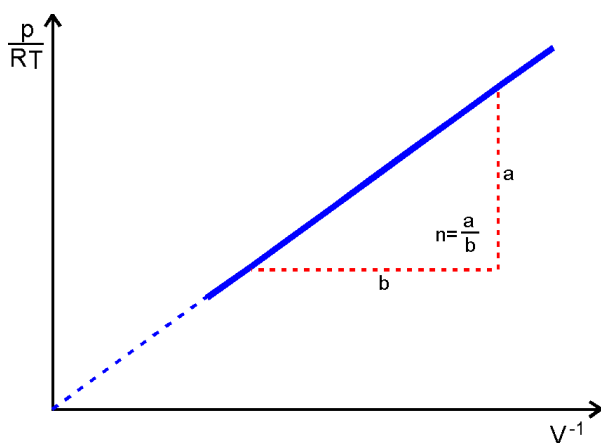
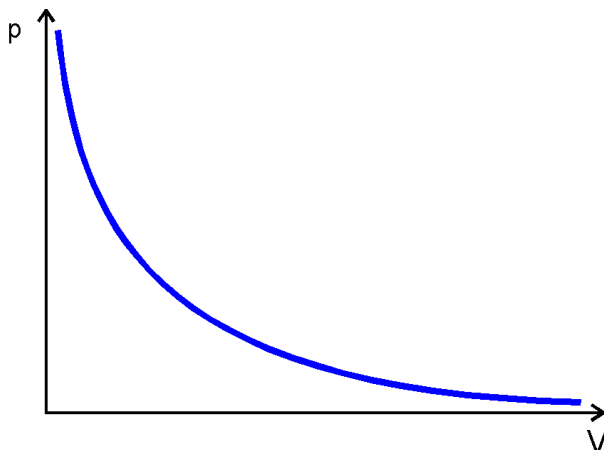
„BOYLE”

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)

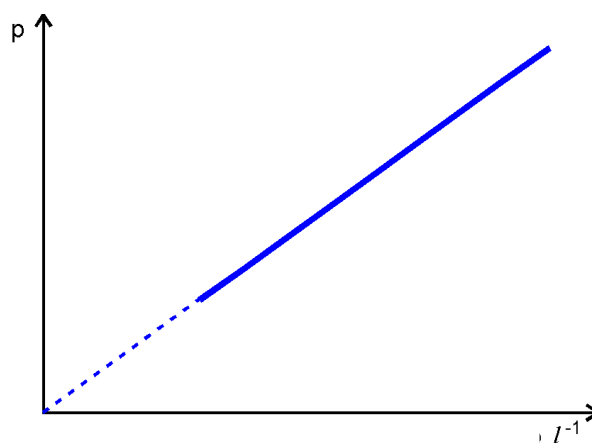


Zatem, aby **wyznaczyć ilość gazu** należy:

- 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]

$\Delta p_a =$

$\Delta h =$