Ćwiczenie 110.

Temat: <u>Sprawdzanie przemian gazowych.</u>

I. Literatura:

1. R. Resnick, D. Halliday, Fizyka, t. 1, PWN
2. Sz.Szczeniowski, Fizyka dośw., cz. II, PWN, W-wa 1971
3. Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki w politechnice, praca zbiorowa pod red. T. Rewaja.

II. Tematy teoretyczne:

1. Równanie stanu gazu doskonałego, przemiany gazowe, I zasada termodynamiki,
2. Ciepło, temperatura, energia wewnętrzna, objętość molowa gazu.

III. Metoda pomiarowa:

Opisane tu doświadczenie polega na badaniu zachowania się gazów przy zmianie czynników zewnętrznych oddziaływujących na ten gaz. Mając możliwość zmiany objętości określonej porcji gazu zbadamy, jak te zmiany wpływają na jego temperaturę i ciśnienia. Zbadamy, czy teoretyczny wzór zwany „*Równaniem stanu gazu doskonałego*" ma zastosowanie do rzeczywistych gazów (w tym wypadku powietrza).

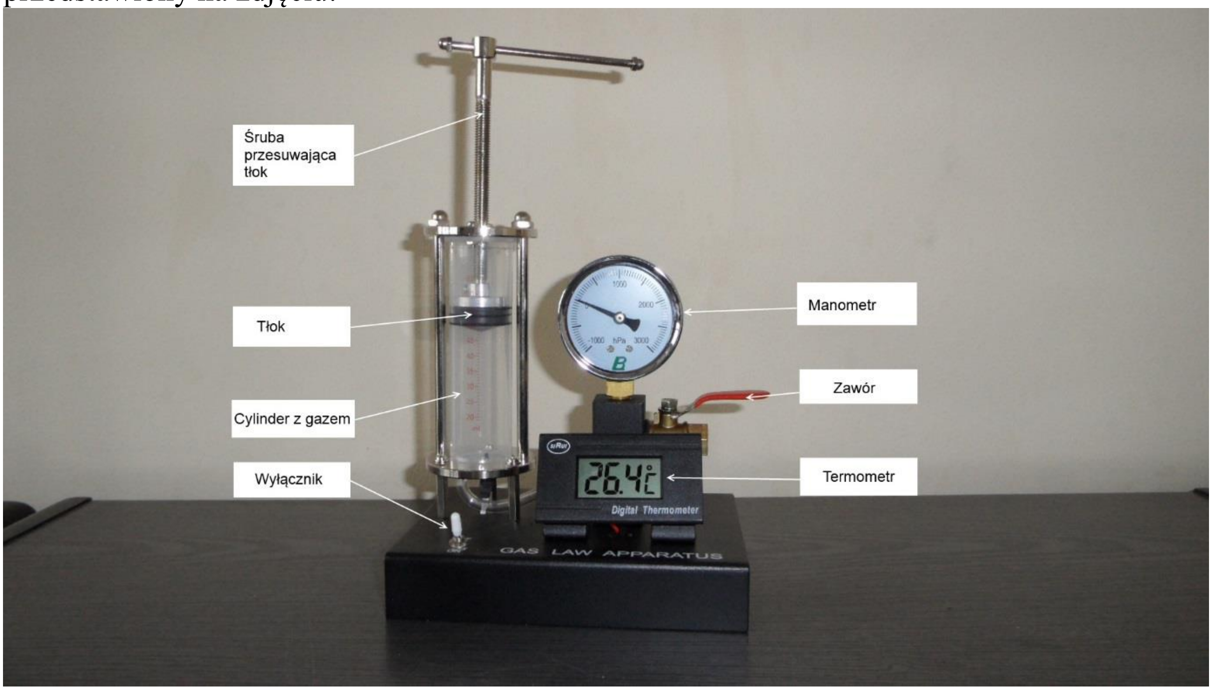
Równanie stanu gazu doskonałego ma postać:

$$\frac{\boldsymbol{p \cdot V}}{\boldsymbol{T}} = \boldsymbol{n \cdot R = const.}$$

n oznacza tu liczbę moli gazu, a $\boldsymbol{R} = 8{,}31\,\frac{J}{K \cdot mol}$ to stała gazowa

Równanie to mówi, że ciśnienie $\boldsymbol{p}$, objętość $\boldsymbol{V}$ oraz temperatura $\boldsymbol{T}$ określonej porcji gazu (np. zamkniętego w naczyniu) są ze sobą ściśle powiązane. Oznacza to, że jeżeli np. zmienimy ciśnienie gazu to musi zmienić się również jego objętość lub temperatura (albo oba te parametry). Inaczej mówiąc, niemożliwa jest zmiana **tylko jednego** z parametrów p, V, T. Zbadamy to równanie w szczególnym przypadku, który od nazwiska osoby, która je badała jako pierwsza, nosi nazwę prawo Boyle'a- Mariotta i opisujące przemianę izotermiczną, czyli taką, w której temperatura jest stała. Taką przemianę można zapisać wzorem $\boldsymbol{p \cdot V = const.}$

Sprawdzimy również, czy wyrażenie $\frac{p \cdot V}{T} = const$ oraz oszacujemy ile moli i ile cząsteczek gazu znajduje się w badanej porcji powietrza. W doświadczeniu wykorzystamy przyrząd przedstawiony na zdjęciu:



IV. Czynności pomiarowe:

W tym doświadczeniu wszystkie opisane poniżej czynności staramy się wykonywać powoli, aby temperatura gazu jak najmniej zmieniała się wskutek zmian ciśnienia i objętości.

1. Otwieramy zawór (pozycja „*0*”), aby powietrze mogło swobodnie przepływać między otoczeniem i cylindrem.
2. Za pomocą śruby przesuwamy tłok tak, aby jego dolna krawędź znalazła się na wysokości oznaczającej objętość cylindra równą *65 ml* (*65 ml = 65 cm*^{3}) .
3. Zamykamy zawór (pozycja „*1*”) i włączamy termometr cyfrowy..
4. Notujemy (w tabeli pierwszej) początkową wartość ciśnienia, objętości i temperatury powietrza w cylindrze. (p_1*- wskazanie manometru,* $p=p_{at}+p_1$*- ciśnienie rzeczywiste w cylindrze*)

   Uwaga: *Jeśli wszystko wykonano prawidłowo, manometr powinien wskazywać 0 hPa. Oznacza to, że ciśnienie* **p** *wewnątrz cylindra jest równe ciśnieniu atmosferycznemu.*
5. Za pomocą śruby ustawiamy dolną krawędź tłoka niżej tak, aby objętość zmniejszyć o 5 ml. Odczytujemy wartość ciśnienia wskazaną przez manometr oraz temperaturę powietrza w cylindrze.
6. Powtarzamy czynności opisane w punkcie „5” dla kolejnych, coraz mniejszych objętości wskazanych w tabeli pierwszej.
7. Otwieramy zawór (pozycja „*0*”). Za pomocą śruby przesuwamy tłok tak, aby jego dolna krawędź znalazła się na wysokości oznaczającej objętość cylindra równą *20 ml.*
8. Notujemy (w tabeli drugiej) początkową wartość ciśnienia, objętości i temperatury powietrza w cylindrze (patrz: uwagi w punkcie 4).
9. Zamykamy zawór (pozycja „*1*”). Manometr powinien wskazywać *0 hPa*.
10. Za pomocą śruby ustawiamy dolną krawędź wyżej zwiększając objętość o 5 ml. Wpisujemy do tabeli wartość ciśnienia wskazaną przez manometr oraz wartość temperatury.

    Uwaga: Teraz manometr wskaże ujemną wartość ciśnienia czyli całkowita wartość ciśnienia w cylindrze będzie mniejsza od ciśnienia atmosferycznego.
11. Powtarzamy czynności opisane w punkcie „10” dla kolejnych, coraz większych objętości wskazanych w tabeli.
12. Wyniki pomiarów umieszczamy w tabelach, a pod tabelami zapisujemy niepewności maksymalne mierzonych wielkości. Przykładowe tabele podane są poniżej.

Tabela 1

V [ml]	p_1 [hPa]	$p=p_{at}+p_1$ [Pa]	t [^0C]	T [K]	$1/V$ [$1/m^3$]	pV/T [J/K]
65	**0**					
60						
55						
50						
45						
40						
35						
30						
25						
20						

Tabela 2

***V* [ml]**	***p₁* [hPa]**	***p=p_at+p₁* [Pa]**	***t* [⁰C]**	***T* [K]**	***1/V* [1/m³]**	***pV/T* [J/K]**
20	0					
25						
30						
35						
40						
45						
50						
55						
60						
65						

$\Delta \boldsymbol{t} = \Delta \boldsymbol{T} =$ _______; $\Delta \boldsymbol{p} =$ ______; $\Delta \boldsymbol{p_{at}} =$ ______; $\Delta \boldsymbol{V} =$ ________

13. Odczytaj z barometru ciśnienie atmosferyczne i wyraź je w paskalach.

$p_{at} =$ _______ $mmHg =$ ____________ Pa

V. Opracowanie wyników pomiarów:

1. Uzupełnij obie tabele.
2. Sporządź dwa wykresy (oddzielny dla każdej tabeli) zależności ciśnienia od objętości ***p=f(V)***.
3. Sporządź dwa wykresy (oddzielnie dla każdej tabeli) zależności ciśnienia od odwrotności objętości ***p=f(1/V)*** (ciśnienie w Pa, objętość w m^3).
4. Metodą regresji liniowej wyznacz współczynniki kierunkowe ***a*** uzyskanych prostych oraz ich niepewności **u(a)**.

Prawo Boyle'a- Mariotta można zapisać w postaci:

$p = \frac{const.}{V}$**.** Jeśli nieznaną stałą ***const=n·R·T*** oznaczymy jako „***a***", czyli ***const=a***, to można zapisać to równanie jako

$$\boldsymbol{p} = \quad n \cdot R \cdot T \cdot \frac{\boldsymbol{1}}{\boldsymbol{V}} \qquad \text{czyli równanie typu}$$

$$\downarrow \; = \quad \downarrow \quad \cdot \downarrow$$

$$y = \quad a \quad \cdot \; x \qquad \text{które jest równaniem prostej.}$$

5. Oblicz średnie temperatury $\boldsymbol{\overline{T}_1}, \boldsymbol{\overline{T}_2}$ w czasie pomiarów (oddzielnie dla pierwszej i drugiej prostej) oraz ich niepewności $\boldsymbol{u(\overline{T}_1)}, \boldsymbol{u(\overline{T}_2)}$. Skorzystaj ze wzorów:

$u_a(\overline{T}) = \sqrt{\frac{\sum(T_i-\overline{T})^2}{10 \cdot 9}}$ (dla 10 pomiarów); $u_b = \frac{\Delta T}{\sqrt{3}}$; $u(\overline{T}) = \sqrt{u_a^2(\overline{T}) + u_b^2(\overline{T})}$

6. Oblicz, ile moli powietrza znajdowało się w cylindrze przy pierwszym pomiarze, a ile przy drugim. Skorzystaj ze współczynników kierunkowych prostych wyznaczonych w poprzednim punkcie: $a = n \cdot R \cdot \bar{T} \quad \rightarrow \quad n = \frac{a}{R \cdot \bar{T}}$
7. Korzystając ze stałej Avogadro *(N_A= 6,02·10^{23})* oszacuj liczby $\mathbf{N_1}$, $\mathbf{N_2}$ cząsteczek powietrza w cylindrze w obu pomiarach: $\boldsymbol{N = n \cdot N_A}$.
8. Dla każdej tabeli oblicz średnią wartość wyrażenia **W**=$\boldsymbol{\frac{p \cdot V}{T}}$ oraz odchylenie standardowe od wartości średniej $u_a(\bar{W}) = \sqrt{\frac{\sum(W_i - \bar{W})^2}{10 \cdot 9}}$ (dla 10 pomiarów).