

	Pomiar ciepła właściwego powietrza metodą rozładowania kondensatora	C2
---	--	-----------

Przyrządy:

Zasilacz wraz z baterią kondensatorów, woltomierz (multimetr uniwersalny), pojemnik z gazem i spiralą grzejącą, manometr cieczowy.

Informacje:

Rozważmy przemianę izochoryczną ($V = \text{const} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{m}^3$). Gaz o ciśnieniu p , temperaturze T i objętości V jest podgrzewany do temperatury $T + \Delta T$, przy czym objętość gazu pozostaje stała a ciśnienie wzrasta od wartości p do wartości $p + \Delta p$. Dla n moli gazu można zapisać

w chwili początkowej $pV = nRT$

- stała gazowa $R = 8,31 \frac{J}{\text{mol} \cdot K}$

w chwili końcowej $(p + \Delta p)V = nR (T + \Delta T)$

Z tych dwóch równań otrzymujemy:

$$\Delta T = \frac{\Delta p V}{nR} = \frac{\Delta p T}{p} \quad (1)$$

W ćwiczeniu ogrzanie gazu następuje w wyniku rozładowania kondensatora.

Energia zmagazynowana w kondensatorze naładowanym do napięcia U wynosi

$$W = \frac{CU^2}{2}$$

gdzie C jest pojemnością kondensatora. Podczas rozładowania kondensatora przez opór R_G jego energia zmienia się na ciepło, co powoduje ogrzanie gazu.

W przemianie izochorycznej gdzie

$$V = \text{const}$$

ciepło dostarczone do układu ΔQ jest równe przyrostowi energii wewnętrznej ΔU . Dla n moli gazu mamy

$$\Delta Q = nC_V \Delta T$$

gdzie C_V jest ciepłem molowym przy stałej objętości.

Stąd

$$\frac{CU^2}{2} = nC_V \Delta T$$

Podstawiając za ΔT wyrażenie (1) otrzymamy

$$\frac{CU^2}{2} = nC_V T \frac{\Delta p}{p}$$

stąd wyznaczamy Δp ,

$$\Delta p = \frac{pC}{2nC_V T} U^2$$

wiedząc, że:

$$pV = nRT$$

po przekształceniu

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

podstawiając to wyrażenie do wzoru na Δp otrzymamy

$$\Delta p = \frac{nR}{V} \cdot \frac{C}{2nC_V} U^2$$

po uproszczeniu

$$\Delta p = \frac{RCU^2}{2VC_V} = \frac{RC}{2VC_V} U^2$$

podstawiając za

$$\frac{RC}{2VC_V} = a$$

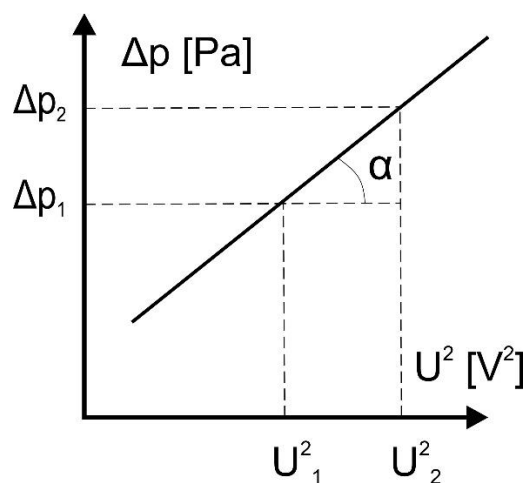
Stąd

$$C_V = \frac{RC}{2Va}$$

a – nachylenie prostej z wykresu czyli współczynnik kierunkowy obliczony metodą najmniejszych kwadratów.

Równanie na Δp przyjmuje postać

$$\Delta p = aU^2$$



Wykres 1
Wykres zależności $\Delta p = f(U^2)$

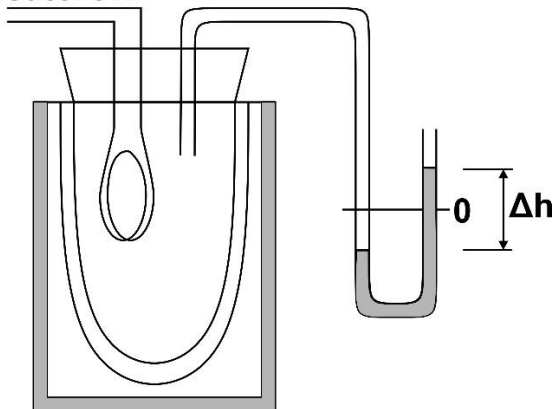
$$\operatorname{tg} \alpha \equiv a$$

$$a = \frac{\Delta p_2 - \Delta p_1}{U_2^2 - U_1^2} \left[\frac{\text{Pa}}{\text{V}^2} \right]$$

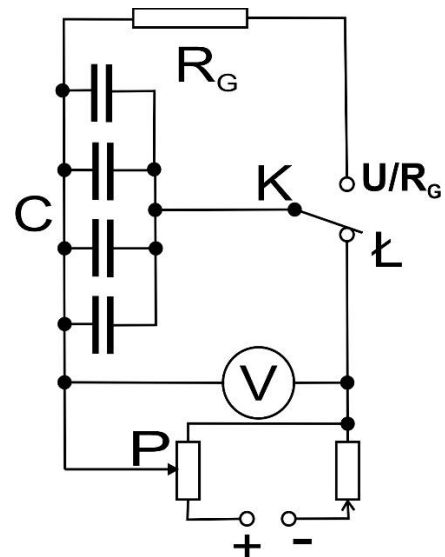
Wykres $\Delta p = f(U^2)$ jest linią prostą $y = ax$. Wyznaczając zależność przyrostu ciśnienia Δp od kwadratu napięcia na okładkach kondensatora można analitycznie wyznaczyć współczynnik a . Znając współczynnik a , można znaleźć wartość ciepła molowego C_v .

$$C_v = \frac{RC}{2Va}$$

do baterii
kondensatorów



Rysunek 1



Rysunek 2

Kolejność wykonywanych czynności:

UWAGA: Na stronie internetowej I Pracowni Fizycznej i w samej Pracowni jest dostępna skrócona instrukcja obsługi multimetru (miernika uniwersalnego).

1. Sprawdzamy, czy przełącznik K (rys.2) jest w położeniu „U/R_G” - ustawianie napięcia/rozładowanie kondensatora, następnie włączamy zasilacz do sieci (przed włączeniem należy potencjometr (pokrętko) P nastawić na minimalną wartość oporu – maksymalnie w lewo.

- Ustalamy potencjometrem (pokrętle) napięcie zasilacza $U=12V$ (woltomierz – multimetr) i ładujemy baterię kondensatorów C do tego napięcia przełączając przełącznik w pozycję „Ł” (obserwujemy wskazania na woltomierzu – po dojściu do zadanego napięcia proces ładowania zostanie przerwany automatycznie).
- Gdy napięcie na woltomierzu osiągnie założoną wartość rozładujemy baterię kondensatorów przez opór R_G , którym jest spirala grzejna w naczyniu z gazem (rys. 1) – w tym celu przełączamy przełącznik w pozycję „U/R_G”. Notujemy w tabeli zmianę wysokości słupa wody Δh , odczytaną na manometrze M i napięcie U , do którego kondensator został naładowany.
- Czekamy, aż ciśnienie w zbiorniku zrówna się z ciśnieniem atmosferycznym ($\Delta h=0$) a następnie przełączamy przełącznik ponownie do pozycji „Ł” i jeszcze dwukrotnie powtarzamy pomiar.
- Zwiększamy napięcie ładowania o 2V i powtarzamy czynności aż do wartości $U=28V$. Wyniki pomiarów notujemy w tabeli.

Tabela 1

L.p.	U [V]	U^2 [V ²]	Δh [mm H ₂ O]	Δp [Nm ⁻²] $\Delta p = \Delta h * g * \rho$

g - przyspieszenie ziemskie, ρ - gęstość wody w manometrze w temperaturze otoczenia.

- Mierzymy temperaturę otoczenia T i ciśnienie atmosferyczne p . Pojemność baterii kondensatorów wynosi $C=18800\mu F \pm 20\%$ ($1\mu F=10^{-6}F$), pojemność zbiornika z gazem $V=0,5l=0,5*10^{-3} m^3$ ($C_p/C_v=1,40$ dla powietrza).
- Wyniki pomiarów $\Delta p=f(U^2)$ przedstawiamy na wykresie i stosujemy metodę regresji liniowej do obliczenia nachylenia „a” oraz odchylenia standardowego S_a .
- Obliczamy ciepło molowe powietrza C_v oraz jego niepewność maksymalną ΔC_v . Porównać otrzymany wynik z wartością teoretyczną dla dwuatomowego gazu doskonałego.

Wymagania:

- równanie gazu doskonałego, pierwsza zasada termodynamiki, energia wewnętrzna gazu, ciepło molowe w stałej objętości i przy stałym ciśnieniu, zasada ekwipartycji energii [2, 6]
- energia pola elektrycznego, ładowanie i rozładowanie kondensatora [3]