

PJJSS
w Pile

KATEDRA INŻYNIERII MECHANICZNEJ

LABORATORIUM TERMODYNAMIKI TECHNICZNEJ

Ćwiczenie laboratoryjne nr 1

TEMAT: PRAKTYCZNA REALIZACJA PRZEMIANY IZOCHORYCZNEJ

1. Wprowadzenie

Zjawisko zmiany stanu układu termodynamicznego, czyli zmiany przynajmniej jednego z jego parametrów:

- ciśnienia p ;
- temperatury T ;
- objętości V

nazywamy przemianą termodynamiczną. Zmiana stanu układu termodynamicznego jest najczęściej wynikiem doprowadzenia lub odprowadzenia ciepła z lub do układu, ewentualnie wykonania pracy na układzie. Przemiana termodynamiczna to przejście od stanu początkowego układu do stanu końcowego układu przez bardzo wiele stanów pośrednich.

Zależnie od sposobu doprowadzenia ciepła i pracy można zrealizować nieskończenie wiele przemian z których tylko niektóre mają większe zastosowanie w technice. Jedną z charakterystycznych przemian termodynamicznych jest przemiana izochoryczna, której cechą jest to, że zachodzi przy stałej objętości V .

$$V = \text{const}$$

Ponieważ rozpatrujemy układ zamknięty w którym nie zmienia się ilość czynnika termodynamicznego ($m=\text{const}$) ani rodzaj czynnika ($R=\text{const}$), wówczas równanie stanu

gazów dla początkowego i końcowego stanu równowagi można określić za pomocą następujących równań:

$$p_1 \cdot V = m \cdot R \cdot T_1$$

$$p_2 \cdot V = m \cdot R \cdot T_2$$

Dzieląc powyższe układy równań stronami otrzymamy następującą zależność:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Podczas przemiany izochorycznej ciśnienie czynnika termodynamicznego zmienia się proporcjonalnie do zmian temperatury.

Ponieważ:

$$V_1 = V_2$$

$$\Delta V = 0$$

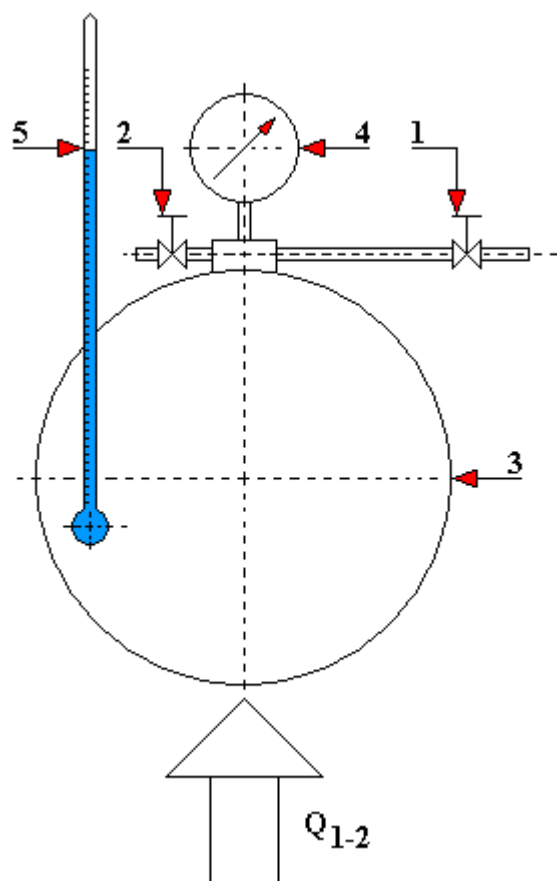
wobec tego praca wykonana przez czynnik termodynamiczny poddany przemianie izochorycznej wynosi zero.

$$L_{1-2} = 0$$

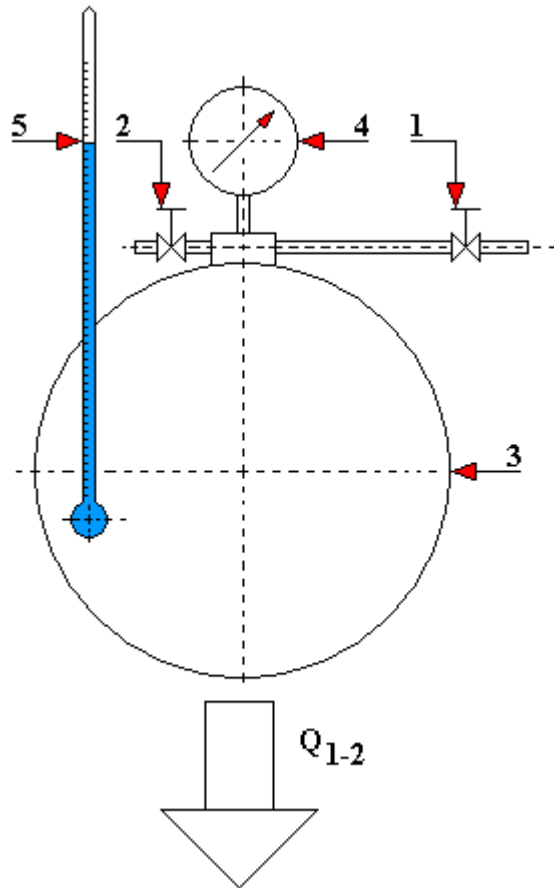
W związku z powyższym równanie I zasady termodynamiki przyjmie postać:

$$Q_{1-2} = \Delta U$$

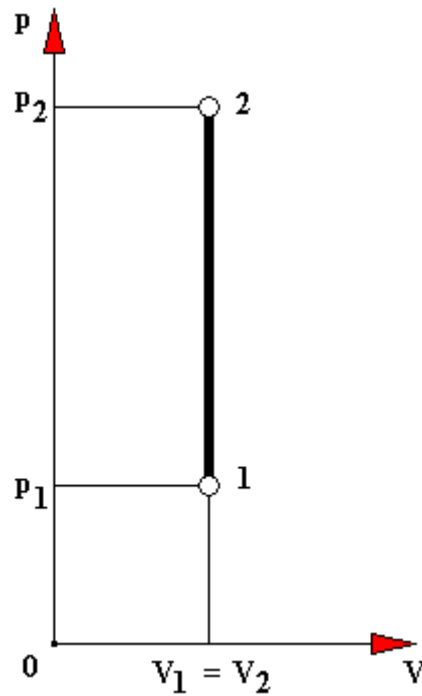
Całkowita ilość ciepła Q_{1-2} dostarczona lub odebrana czynnikowi termodynamicznemu wywołuje jedynie zmianę jego energii wewnętrznej ΔU .



Rys. 1. Schemat instalacji do badania przemiany izochorycznej podczas nagrzewania czynnika termodynamicznego (rys. J. Mikołajczyk)
 1 – zawór do napełniania zbiornika; 2 – zawór do opróżniania zbiornika; 3 – zbiornik; 4 – manometr; 5 – termometr T_1 ; Q_{1-2} – dostarczone ciepło

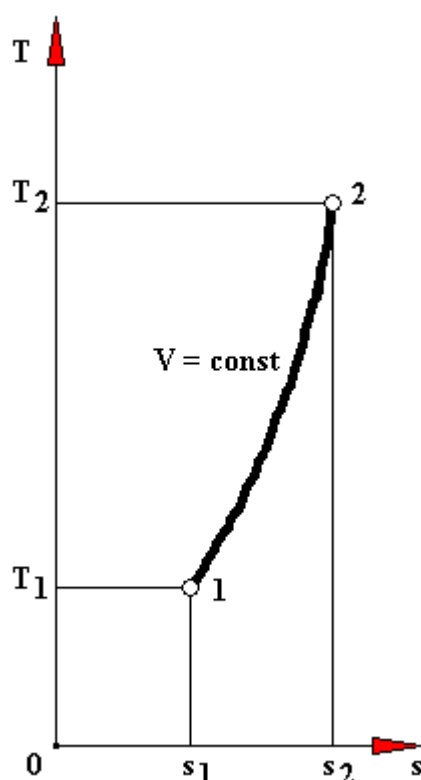


Rys. 2. Schemat instalacji do badania przemiany izochorycznej podczas oziębiania czynnika termodynamicznego (rys. J. Mikołajczyk)
 1 – zawór do napełniania zbiornika; 2 – zawór do opróżniania zbiornika; 3 – zbiornik; 4 – manometr; 5 – termometr T_1 ; Q_{1-2} – odebrane ciepło



Rys. 3. Wykres przemiany izochorycznej w układzie ciśnienie p – objętość V
 1 – początek przemiany izochorycznej; 2 – koniec przemiany izochorycznej; p_1 – ciśnienie początkowe przemiany izochorycznej czynnika termodynamicznego; p_2 – ciśnienie

końcowe przemiany izochorycznej czynnika termodynamicznego; V_1 – objętość początkowa przemiany izochorycznej; V_2 – objętość końcowa przemiany izochorycznej



Rys. 4. Wykres przemiany izochorycznej w układzie temperatura T – entropia s
 1 – początek przemiany izochorycznej; 2 – koniec przemiany izochorycznej; T_1 – temperatura początkowa przemiany izochorycznej czynnika termodynamicznego; T_2 – temperatura końcowa przemiany izochorycznej czynnika termodynamicznego; s_1 – entropia początkowa przemiany izochorycznej; s_2 – entropia końcowa przemiany izochorycznej

2. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest praktyczne potwierdzenie, że w czasie przemiany zachodzącej przy stałej objętości ciśnienie czynnika termodynamicznego zmienia się proporcjonalnie do zmian temperatury.

3. Opis ćwiczenia

Do realizacji niniejszego ćwiczenia wykorzystane zostaną butle z zainstalowanym termometrem do pomiaru temperatury powietrza wewnątrz butli i manometrem mierzącym ciśnienie wewnątrz butli.

Zwiększając stopniowo ciśnienie wewnątrz butli w zakresie od 1 do 5 [bar] rejestrujemy wartości temperatur powietrza wewnątrz butli.

Zmniejszając kolejno ciśnienie przez wypuszczenie powietrza rejestrujemy wartości temperatur przy rozprężaniu.

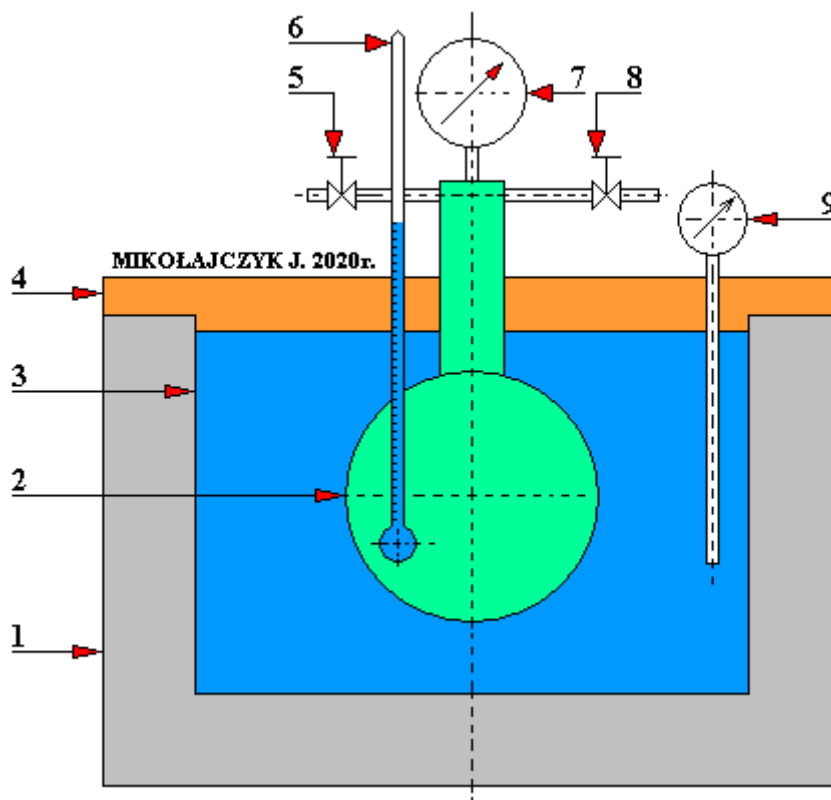
Tabela 1. Wyniki pomiarów ciśnienia podczas sprężania i rozprężania powietrza

Ciśnienie przy sprężaniu [bar]					Uwagi
Temperatura powietrza [°C]					

Ciśnienie przy rozprężaniu [bar]					
Temperatura powietrza [°C]					

Uwaga: Ze względów bezpieczeństwa nie przekraczać wartości ciśnienia 5 [bar].

Drugą butlę (małą) umieszczamy w pojemniku z gorącą wodą i rejestrujemy kolejne zmiany ciśnienia i temperatury powietrza w butli (rys. 5). Wyniki notujemy w tabeli 2.



Rys. 5. Stanowisko do badania wpływu temperatury na ciśnienie w przemianie izochorycznej

1 – płaszcz zbiornika; 2 – butla; 3 – gorąca woda; 4 - dzielona pokrywa; 5 – zawór do napełniania butli; 6 – termometr T_1 mierzący temperaturę we wnętrzu butli; 7 – manometr; 8 – zawór do opróżniania butli; 9 – termometr T_2 do pomiaru temperatury wody

Tabela 2. Wyniki pomiarów ciśnienia podczas ogrzewania

Temperatura powietrza [°C]					Uwagi
Ciśnienie powietrza [bar]					

Uwaga: Ze względu na zanurzenie butli w gorącej wodzie należy zachować ostrożność ponieważ lekkomyślność grozi poparzeniem.

4. Opracowanie wyników

Na podstawie uzyskanych wyników pomiarów narysować wykresy zależności temperatury i ciśnienia. Wyniki z tabeli nr 1 nanieść na jednym wykresie. Opracować analizę statystyczną otrzymanych wyników badań.

5. Pytania sprawdzające

1. Jaka jest zależność temperatury i ciśnienia podczas przemiany izochorycznej?
2. Czym wytłumaczyć fakt, że zmiana ciśnienia i temperatury nie przebiega identycznie przy sprężaniu i rozprężaniu?

6. Literatura

- Lewiński J.: Wymiana ciepła. Wydawnictwo PWSZ w Pile, Piła 2012.
- Różański S.A.: Fizyka. Repetytorium dla studentów I roku studiów inżynierskich. Wydawnictwo PWSZ w Pile, Piła 2011.
- Różański S.A.: Przez fizykę na skróty. Wydawnictwo PWSZ w Pile, Piła 2013.
- Różański S.A.: Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki wspomagane komputerem. Wydawnictwo PWSZ w Pile, Piła 2014.
- Skorka M.: Fizyka. Podręcznik dla studentów wyższych technicznych studiów zawodowych dla pracujących. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1973.
- Staniszewski B.: Termodynamika. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1978.