

16 – GAZY CZ. I – PRZEMIANY. RÓWNANIE CLAPEYRONA

Podstawowy wzór teorii kinetyczno-molekularnej gazów

$$p = \frac{2N}{3V} E_{k \text{ śr.}}$$

N – ilość cząsteczek gazu

Równanie stanu gazu doskonałego

$$\text{jeżeli } m = \text{const to } \frac{p_o V_o}{T_o} = \frac{pV}{T}$$

p – ciśnienie, V – objętość, T – temperatura w skali Kelvina

Warunki normalne

p=101 325 hPa

T=273K

Pojęcie mola

Ilość gramów dowolnej substancji równa masie cząsteczkowej.

W 1 molu dowolnej substancji znajduje się liczba Avogadro cząsteczek - $N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$

1 mol gazu w warunkach normalnych zajmuje objętość molową – 22,4 dm³

Równanie Clapeyrona

$$pV = nRT$$

n – ilość moli $n = \frac{m}{\mu}$, $R = 8,31 \frac{J}{\text{mol} \cdot K}$

m-masa gazu, μ – masa molowa gazu

inaczej więc

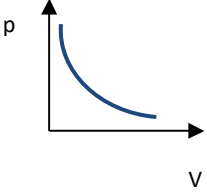
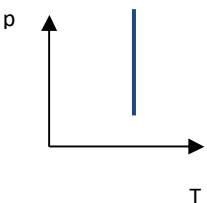
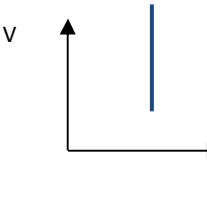
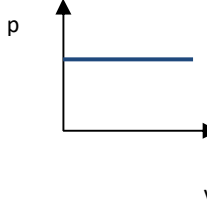
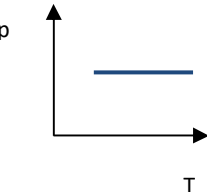
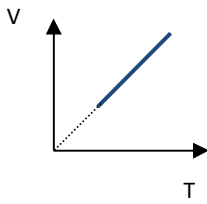
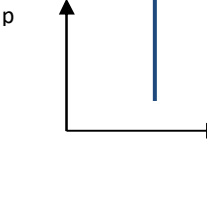
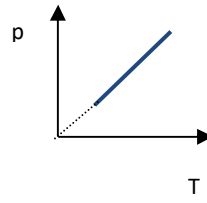
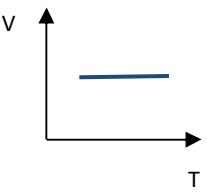
$$pV = \frac{m}{\mu} RT$$

Przemiany gazowe izo-

Jeżeli ilość cząsteczek gazu

$N = \text{const}$ ($m = \text{const}$) to:

$$\frac{p_o V_o}{T_o} = \frac{pV}{T}$$

izotermiczna Jeżeli ilość cząsteczek gazu $N = \text{const}$ ($m = \text{const}$) i $T = \text{const}$ to:	izobaryczna Jeżeli ilość cząsteczek gazu $N = \text{const}$ ($m = \text{const}$) i $p = \text{const}$ to:	izochoryczna Jeżeli ilość cząsteczek gazu $N = \text{const}$ ($m = \text{const}$) i $V = \text{const}$ to:
$p_o V_o = pV$ $p = \frac{p_o V_o}{V}$	$\frac{V_o}{T_o} = \frac{V}{T}$ $V = \frac{V_o T}{T_o}$	$\frac{p_o}{T_o} = \frac{p}{T}$ $p = \frac{p_o T}{T_o}$
  	  	  

ZADANIA

Zadanie 1



Jedną z jednostek ciśnienia jest tzw. mm Hg, czyli milimetr słupa rtęci. Ciśnienie atmosferyczne wyrażone w paskalach, to 1013,25 hPa (hektopaskali), czyli 101325 Pa. Odpowiada to ciśnieniu 760 mm Hg. Zakładamy, że takie ciśnienie panuje w warunkach potrzebnych do rozwiązania zadania.

Na rysunku pokazano rurkę Meldego, a więc szklaną rurkę o małej, rzędu milimetra średnicy przekroju wewnętrznego. Rurka ta jest zaślepiona z jednej strony i znajduje się w pozycji otwartym otworem do góry. W dolnej części znajduje się zamknięte powietrze o wysokości słupa $l=3$ cm. Wysokość słupka rtęci nad zamkniętym powietrzem wynosi $h=4$ cm.

Jaka jest wysokość słupa powietrza, gdy rurka

- leży poziomo
- jest w pozycji pionowej otwartym otworem do dołu
- jest ustawiona pod kątem 30° do pionu, otwartym otworem do góry.

Oblicz na podstawie danych w tym zadaniu jaka jest gęstość rtęci. By mieć dokładniejszą wartość, przyjmij wartość przyspieszenia ziemskiego $g=9,81$ m/s².

Odp:

W poziomie – 3,158 cm, w pionie – 3,333 cm, przy nachyleniu – 3,022 cm

Gęstość rtęci obliczona – 13590 kg/m³

Zadanie 2

Gaz o objętości $V_1=0,1$ m³ i temperaturze $T_1=290$ K poddano przemianie izobarycznej, po której jego objętość wzrosła do $V_2=0,12$ m³. O ile stopni ogrzano gaz?

Odp: o 58 K

Zadanie 3

W pionowo ustawionym cylindrycznym naczyniu pod lekkim tłokiem o polu przekroju poprzecznego $S=0,01$ m² znajduje się gaz doskonały o temperaturze $t_1=27^\circ\text{C}$ i objętości $V_1=2$ dm³. O ile przesunie się tłok po ogrzaniu gazu o $\Delta t=30^\circ\text{C}$?

Odp: o 2 cm.

Zadanie 4

W szczelnie zamkniętej butli znajduje się gaz pod ciśnieniem $p=2$ MPa. O ile wzrośnie ciśnienie gazu, jeżeli jego temperatura wzrośnie $n=1,2$ razy?

Odp: o 400 kPa

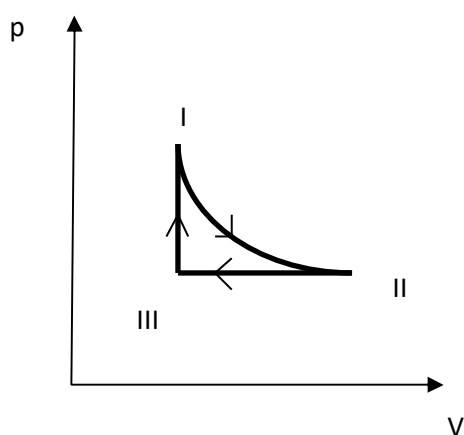
Zadanie 5

Przy ogrzewaniu gazu doskonałego w stałej objętości jego ciśnienie wzrasta o 2% przy zwiększeniu temperatury o $\Delta T = 1$ K. W jakiej temperaturze znajdował się gaz?

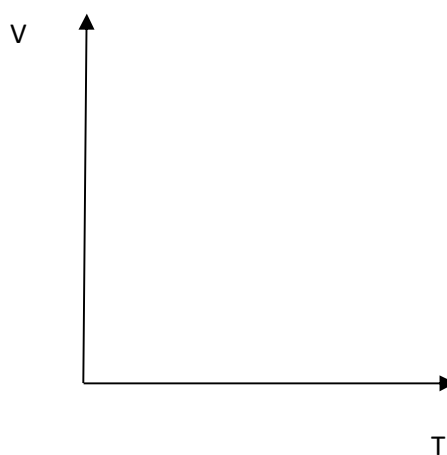
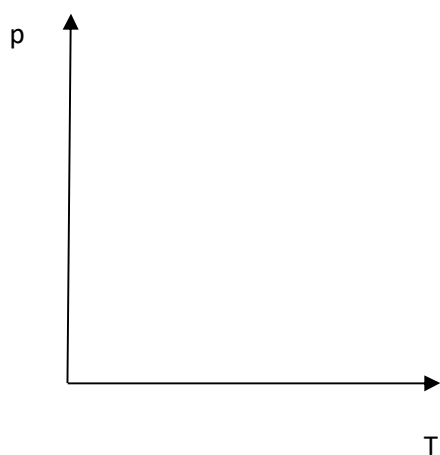
Odp: 50 K.

Zadanie 6

Gaz poddano kolejno trzem cyklom przedstawionym na rysunku poniżej



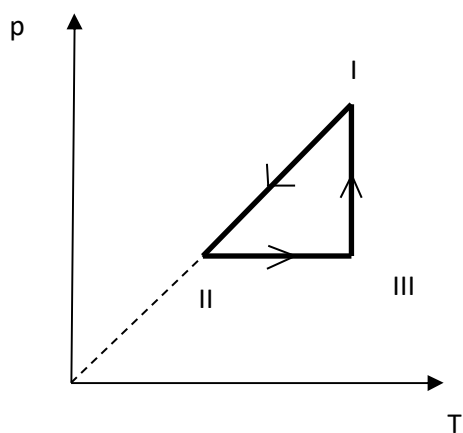
Naszkicuj wykresy przemian tego cyklu w układach:



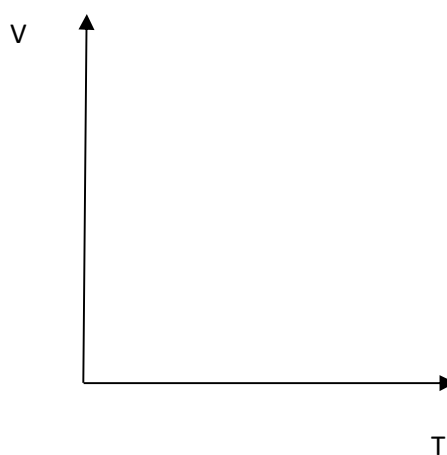
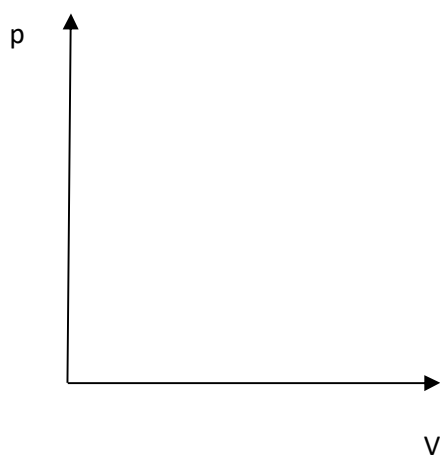
Odpowiedź na końcu konspektu.

Zadanie 7

Gaz poddano kolejno trzem cyklom przedstawionym na rysunku poniżej

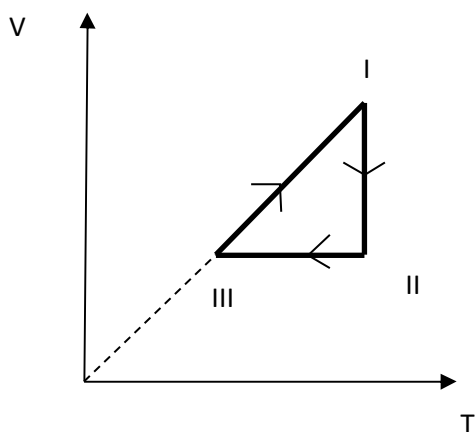


Naszkicuj wykresy przemian tego cyklu w układach:

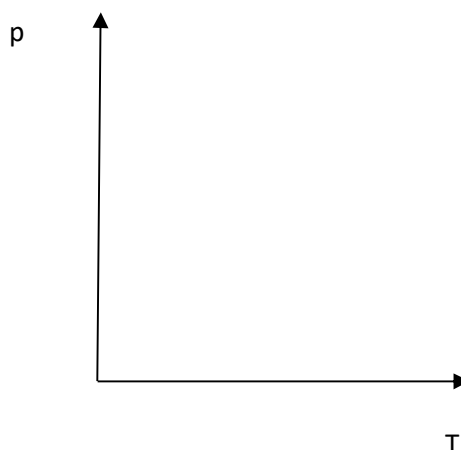
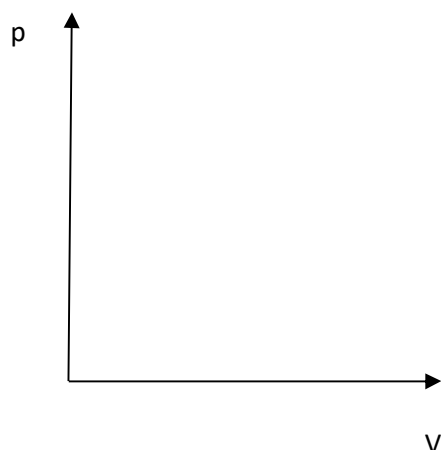


Zadanie 8

Gaz poddano kolejno trzem cyklom przedstawionym na rysunku poniżej



Naszkicuj wykresy przemian tego cyklu w układach:



Odpowiedź na końcu konspektu.

Zadanie 9

Uczniowie wykonali doświadczenie. Dysponowali oni cylindrem szklanym z ruchomym tłokiem i przesuując go o 1 cm odczytywali ciśnienie zamkniętego w nim powietrza w stałej temperaturze. Wyniki zestawili w tabeli.

l [cm]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
p [MPa]	0,33	0,17	0,11	0,08	0,07	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03

l – wysokość słupa powietrza, była ona mierzona z dokładnością $\Delta l = 1$ mm.

P – ciśnienie mierzone było w megapaskalach z dokładnością do $\Delta p = 0,01$ MPa

Powierzchnia cylindra i tłoka wynosiła 20 cm^2 i założymy, że jest ona podana dokładnie. Temperatura w sali wynosiła 20°C . Masa molowa powietrza $\mu = 29 \text{ g/mol}$.

Przedstaw wykres zależności ciśnienia od objętości gazu zaznaczając prostokąty niepewności pomiarowej.

Oszacuj masę powietrza znajdującego się w cylindrze. Stała gazowa $R = 8,31 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$.

Odp: masa – ok. 0,079 g. Przykładowy wykres w konspekcie odpowiedzi na końcu konspektu

Zadanie 10

Bańka powietrza unosi się z jeziora o głębokości 35 m ku powierzchni, gdzie ciśnienie jest 1 atm (przyjmij, że 1 atm = 1000 hPa, a przyspieszenie ziemskie $g = 10 \text{ m/s}^2$). Temperatura wody na dnie jeziora wynosi 7°C , a przy powierzchni 27°C . Jak zmieni się objętość bańki? O ile procent więc wzrośnie ta objętość?

Odp: Wzrośnie ok. 4,8 razy. O 380%

Zadanie 11

Ogrzano izobarycznie gaz o 1K. Jego objętość wzrosła o $1/293$ objętości początkowej. Ile wynosiła temperatura początkowa gazu?

Odp: 293 K.

Zadanie 12

W pokoju o objętości $V=50 \text{ m}^3$ ciśnienie powietrza wynosi $p=973 \text{ hPa}$, a temperatura $t_1=10^\circ\text{C}$. Po ogrzaniu temperatura wzrosła do $t_2=20^\circ\text{C}$, a ciśnienie się nie zmieniło. Oblicz liczbę moli, masę oraz liczbę cząsteczek powietrza a temperaturze t_1 . O ile zmieniła się masa powietrza w pokoju? Potraktuj powietrze jako gaz doskonały o masie molowej $\mu=29 \text{ g/mol}$.

Odp: Ok. 2070 moli, ok. 60 kg, ok. $1,25 \cdot 10^{27}$ cząsteczek. Masa zmalała o ok. 2 kg.

Zadanie 13

Znaleźć gęstość mieszaniny 8 gramów tlenu i 4 gramów dwutlenku węgla w temperaturze 27°C i pod ciśnieniem $0,5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. Masa atomowa tlenu wynosi 16, a węgla 12.

Stała gazowa $R=8,31 \cdot 10^3 \text{ J / kmol} \cdot \text{K}$.

Odp: 0,706 kg/m³

Zadanie 14

W butli o objętości $V=0,02 \text{ m}^3$ znajduje się tlen o temperaturze $T_1=300 \text{ K}$ i pod ciśnieniem $p_1=6 \cdot 10^6 \text{ Pa}$. Po wypuszczeniu z butli pewnej masy tlenu ciśnienie w butli wynosiło $p_2=5,6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, a temperatura w niej spadła do $T_2=280 \text{ K}$. Stała gazowa $R=8,31 \text{ J / mol} \cdot \text{K}$. Obliczyć masę wypuszczonego tlenu i liczbę jego cząsteczek. Liczba Avogadro $N_A=6 \cdot 10^{23}$.

Odp: 1386 g, $2,6 \cdot 10^{25}$.

Zadanie 15

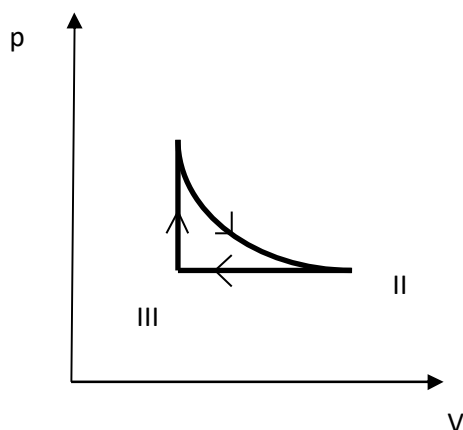
W cylindrze ułożonym poziomo i zamkniętym z obu stron znajduje się tłok. Z jednej strony w cylindrze zamknięto $m_H=24$ g helu ($\mu_{He}=4$ g/mol), z drugiej $m_O=64$ g tlenu ($\mu_O=32$ g/mol), w jednakowej temperaturze. Jakie jest położenie tłoka?

Odp: W odległości 0,25 długości tłoka licząc od podstawy, gdzie znajduje się tlen, lub jak kto woli 0,75 od podstawy, gdzie znajduje się hel.

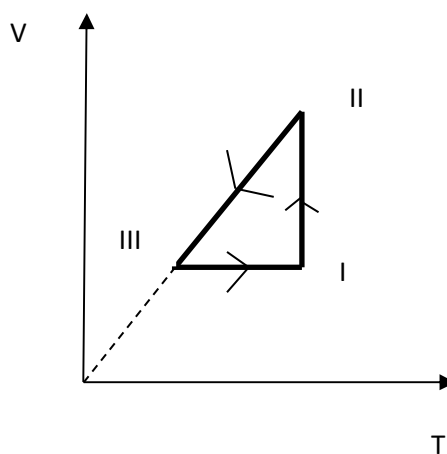
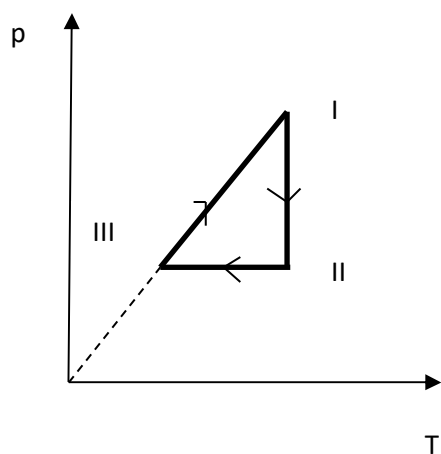
ODPOWIEDZI DO ZADAŃ Z WYKRESAMI

Zadanie 6

Gaz poddano kolejno trzem cyklom przedstawionym na rysunku poniżej

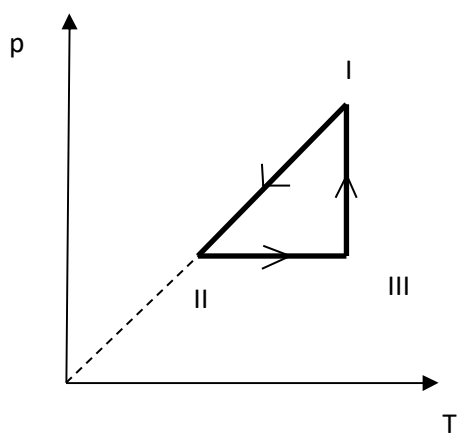


Naszkicowane wykresy przemian tego cyklu w układach:

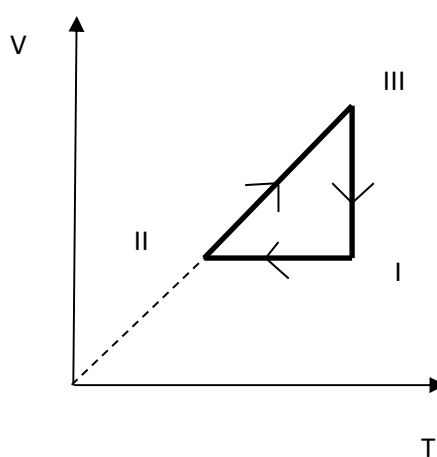
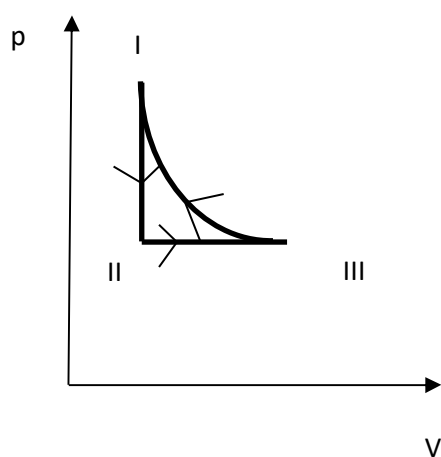


Zadanie 7

Gaz poddano kolejno trzem cyklom przedstawionym na rysunku poniżej

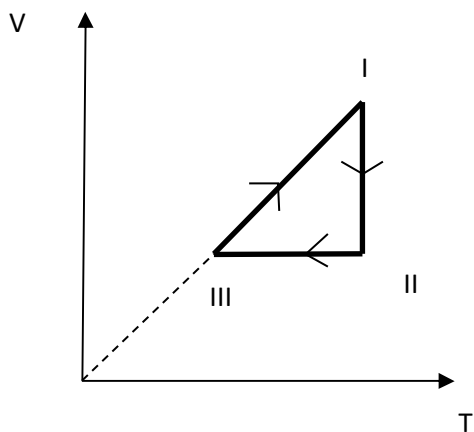


Naszkicowane wykresy przemian tego cyklu w układach:

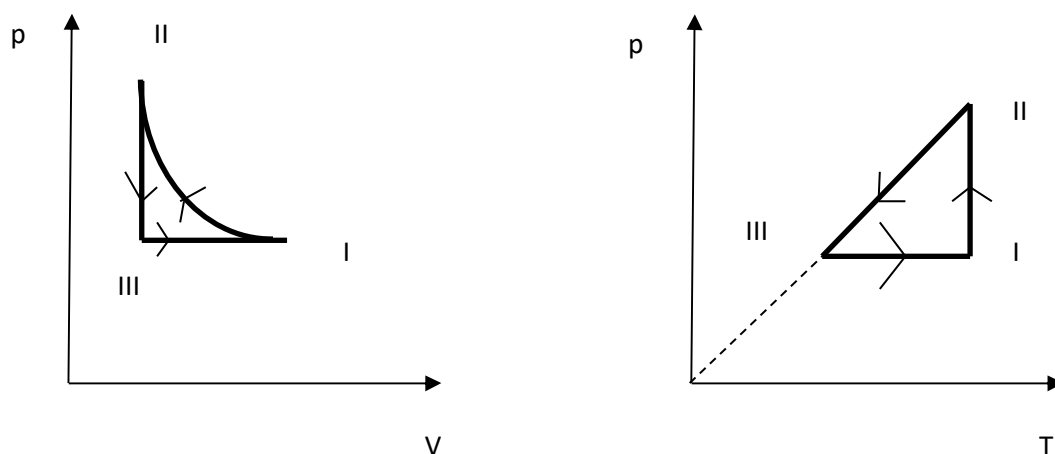


Zadanie 8

Gaz poddano kolejno trzem cyklom przedstawionym na rysunku poniżej



Naszkicowane wykresy przemian tego cyklu w układach:



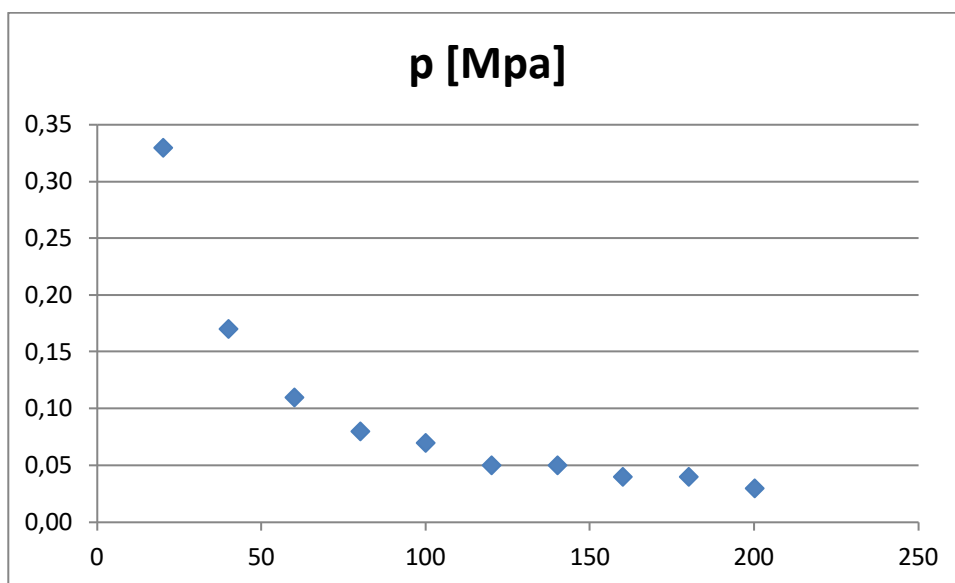
Zadanie 9

Wykres zależności ciśnienia od objętości najlepiej zrobić tak, by oś objętości wyskalować w cm^3 .

Należy narysować w skali prostokąci z punktem w środku.



Szerokość (na osi V) - 2 cm^3 , wysokość (na osi p) - $0,02 \text{ MPa}$



Powyżej jest rysunek w Excelu, ale bez prostokątów niepewności pomiarowych.