

**Kacper Kulczycki**

Zadanie M  
**Mechanika**

Warszawa 2001

## Wstęp

Celem doświadczenia było wyznaczenie:

- gęstości dwóch walców za pomocą bezpośredniego pomiaru objętości i masy za pomocą wagi laboratoryjnej,
- gęstości piasku za pomocą piknometru i wagi analitycznej,
- gęstości denaturatu za pomocą piknometru i wagi analitycznej,
- prędkości parowania denaturatu.

## Teoria

Ad. a.

$$\rho_w = \frac{m_w}{h \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2} \quad \text{wz.1.}$$

Ad. b., c.

$$\rho_w = \frac{m_w - m_p}{V_p} \quad \text{wz.2.}$$

$$\rho_c = \frac{m_c - m_p}{V_p} \quad \text{wz.3.}$$

Co po podstawieniu  $V_p$  daje:

$$\frac{\rho_c}{\rho_w} = \frac{m_c - m_p}{m_w - m_p} \quad \text{wz.4.}$$

Uwzględniając siłę wyporu działającą na ciała w ziemskiej atmosferze:

$$\frac{\rho_c}{\rho_w} = \frac{(m_c - m_p)(1 - \rho_p \rho_c^{-1} - \rho_p \rho_o^{-1})}{(m_w - m_p)(1 - \rho_p \rho_w^{-1} - \rho_p \rho_o^{-1})} \quad \text{wz.5.}$$

Dla ciała stałego wrzuconego do piknometru:

$$V_p = \frac{m - m_p}{\rho} + \frac{m_m - m}{\rho_w} = \frac{m_w}{\rho_w} \quad \text{wz.6.}$$

Co ze wz.2. daje:

$$\rho = \rho_w \frac{m - m_p}{m - m_m + m_w - m_p} \quad \text{wz.7.}$$

A po uwzględnieniu siły wyporu ( tak jak we wz.5.):

$$\rho = \frac{\rho_w (m - m_p) - \rho_p (m_m - m_w)}{m - m_m + m_w - m_p} \quad \text{wz.8.}$$

Ad. d.

masa denaturatu w piknometrze będzie się liniowo zmieniać w czasie:

$$m_c = -V t + m_c \quad \text{wz.9.}$$

gdzie:

$\rho_w$  – gęstość walca,

$m_w$  – masa walca,

$h$  – wysokość walca,

$d$  – średnica walca,

$\rho_w$  – gęstość wody ( wzorzec ),

$m_w$  – masa piknometru wypełnionego wodą,

$m_p$  – masa pustego piknometru,

$V_p$  – objętość piknometru ( wnętrza ),

$\rho_c$  - gęstość badanej cieczy ( denaturat ),

$m_c$  – masa piknometru wypełnionego badaną cieczą,

$\rho_o$  - gęstość odważników,

$\rho_p$  – gęstość powietrza,

$m$  – masa piknometru z piaskiem,

$m_m$  – masa piknometru z piaskiem, uzupełnionego wodą,

$\rho$  - gęstość piasku,

$V$  – prękość parowania denaturatu,

$t$  – czas jaki upłynął od napełnienia piknometru denaturatem,

$m_c$  – początkowa masa piknometru wypełnionego denaturatem,

### Przebieg doświadczenia

W pierwszej części zostały zmierzone parametry dwóch walców. Jeden z nich był koloru miedzianego a drugi czarnego. Na pierwszy rzut oka wydawało się że są zrobione z miedzi, oraz z twardej gumy. Ich średnice zostały zmierzone śrubą mikrometryczną, wysokości suwmiarką, a masy wagą laboratoryjną. Oczywiście wagę trzeba było wyregulować przed przystąpieniem do pomiarów. ( Śruba na szczęście nie była uszkodzona i pokazywała prawidłowy wynik, w momencie zetknięcia szczęk. )

W drugiej części do pomiarów używana była waga analityczna ( niestety była lekko rozstrojona i zaniżała pomiar o 1,2 mg).

Najpierw został zważony sam piknometr. Potem piknometr z piaskiem, następnie został dopełniony wodą i ponownie zważony. Kolejny pomiar dał masę piknometru wypełnionego wodą. ( Taka kolejność umożliwiła przeprowadzenie pomiarów bez odsypywania piasku do zlewki – a tym samym zmniejszyła błąd pomiaru ). Ostatnim pomiarem była obserwacja zmian masy denaturatu w czasie. i sprawdzenie czy przewidywana zależność (wz.9.).

## Wyniki i wnioski

Dla walca o miedzianym kolorze:

d [m]	$\Delta d$ [m]	h [m]	$\Delta h$ [m]	$m_w$ [kg]	$\Delta m_w$ [kg]
0,01914	0,00001	0,05105	0,00005	0,13216	0,00001
0,01916	0,00001	0,05100	0,00005	0,13216	0,00001
0,01914	0,00001	0,05105	0,00005	0,13216	0,00001
0,01918	0,00001	0,05100	0,00005	0,13216	0,00001
0,01918	0,00001	0,05100	0,00005	0,13216	0,00001

$$\rho_w = 8984,2 \pm 9,1 \text{ kg/m}^3$$

dla miedzi:  $\rho = 8950 \text{ kg/m}^3$

dla mosiądzu:  $\rho = 8200 - 8950 \text{ kg/m}^3$

dla brązu:  $\rho = 7500 - 9100 \text{ kg/m}^3$

Czyli, walec wykonany był z miedzi lub jej stopów.

Dla walca o czarnym kolorze:

d [m]	$\Delta d$ [m]	h [m]	$\Delta h$ [m]	$m_w$ [kg]	$\Delta m_w$ [kg]
0,02043	0,00001	0,05000	0,00005	0,02056	0,00001
0,02043	0,00001	0,04990	0,00005	0,02056	0,00001
0,02041	0,00001	0,05000	0,00005	0,02056	0,00001
0,02042	0,00001	0,04990	0,00005	0,02056	0,00001
0,02040	0,00001	0,04990	0,00005	0,02056	0,00001

$$\rho_w = 1257,4 \pm 1,4 \text{ kg/m}^3$$

dla gumy:  $\rho = 1200 \text{ kg/m}^3$

dla poliuretanów:  $\rho \cong 1200 \text{ kg/m}^3$

dla polichlorku winylu:  $\rho = 1420 \text{ kg/m}^3$

Czyli, walec wykonany był z tworzywa sztucznego.

$\rho_w = 997,04 \text{ kg/m}^3$  ( nie szacuję błędu tablicowej wartości gęstości wody w temperaturze  $25^\circ\text{C}$ , gdyż traktować ją będę jak stałą znaną bezbłędnie )

$\rho_p = 1,29 \text{ kg/m}^3$  ( analogicznie do  $\rho_w$  )

$\rho_o = 8500 \text{ kg/m}^3$  ( tak jak wyżej, odważniki mosiężne, chromowane )

$$\underline{m_p = 0,0120326 \pm 0,0000001 \text{ kg}}$$

$$\underline{m = 0,0325338 \pm 0,0000001 \text{ kg}}$$

$$\underline{m_m = 0,0493423 \pm 0,0000001 \text{ kg}}$$

$$\underline{m_w = 0,0366168 \pm 0,0000001 \text{ kg}}$$

Ze wz.7.

$$\rho = 2628,768657227 \pm 0,000000026 \text{ kg/m}^3$$

Ze wz.8.

$$\rho = 2626,657478169 \pm 0,000000034 \text{ kg/m}^3$$

Widać więc że obie wartości różnią się dość znacznie, jako ostateczny wynik przyjąłem więc wartość ze wz.8. (uwzględnia więcej parametrów).

$$\rho = 2626,657478169 \pm 0,000000034 \text{ kg/m}^3$$

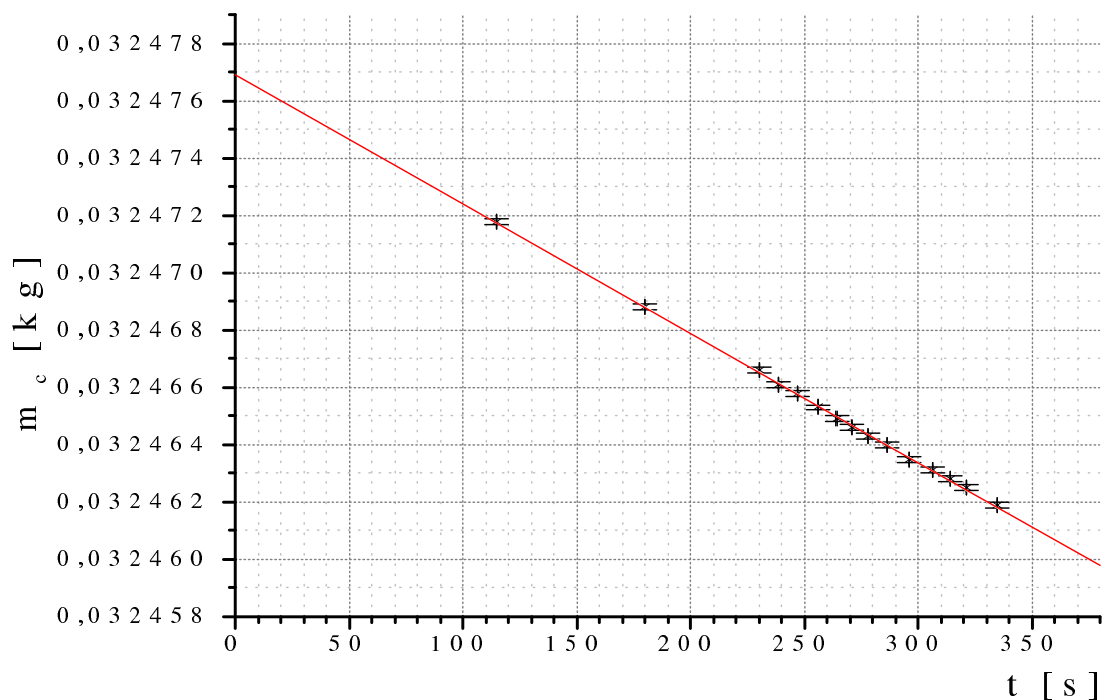
Natomiast z tablic:

Gęstość nasypowa (nie materiału z którego są ziarna, ale ziarnistej struktury jaką jest piasek)

$$\rho = 1400-2000 \text{ kg/m}^3$$

Nieco większa wartość uzyskana w doświadczeniu może sugerować zawartość ciężkich pierwiastków, oraz duże rozdrobnienie badanej próbki.

Zależność masy denaturatu od czasu prezentuje wykres:



W wyniku dopasowania prostej metodą najmniejszych kwadratów (przy użyciu programu Origin 5.0):

$$\underline{m_C = 0,032476951 \pm 0,000000088 \text{ kg}}$$

$$\underline{V = 0,00000004516 \pm 0,00000000032 \text{ kg/s}}$$

Ze wz.4.

$$\rho_c = \underline{829,1437 \pm 0,0064 \text{ kg/m}^3}$$

Ze wz.5.

$$\rho_c = \underline{828,9262 \pm 0,0064 \text{ kg/m}^3}$$

Dla tej wielkości postanowiłem również jako wynik końcowy podać wartość uzyskaną z dokładniejszego wzoru:

$$\rho_c = \underline{\mathbf{828,9262 \pm 0,0064 \text{ kg/m}^3}}$$

wartość tablicowa dla etanolu:

$$\rho = 785,1 \text{ kg/m}^3$$

Różnica wartości tablicowej i uzyskanej w doświadczeniu wynika prawdopodobnie z zanieczyszczeń zawartych w denaturacie ( barwniki, inne alkohole ).