

ĆWICZENIE 5

MODEL CZUJNIKA ŚWIATŁOWODOWEGO DO DETEKCCJI GĘSTOŚCI CIECZY

Plan ćwiczenia

1. Zapoznanie się budową stanowiska do detekcji gęstości cieczy:
 - część optoelektroniczna (źródło światła, miernik mocy optycznej, ramię pomiarowe – odcinek światłowodu PMMA z powierzchniowymi defektami)
 - część mechaniczna (mechanizm ruchu pionowego, waga elektroniczna).
2. Pomiary zmian mocy optycznej w funkcji głębokości zanurzenia
 - pływaka o różnych wymiarach geometrycznych
 - pływaka wykonanego z różnych materiałów.
3. Pomiary zmian mocy optycznej dla różnych cieczy (woda destylowana , roztwory cukru o wskazanym stężeniu).
4. Dyskusja dokładności wyznaczenia gęstości cieczy przy zastosowaniu czujnika światłowodowego.

Zagadnienia do przygotowania

1. Podstawowe pojęcia : gęstość, ciężar właściwy, prawo Archimedes.
2. Zasada działania światłowodowych czujników z modulacją amplitudy fali świetlnej (w tym z zaburzeniem warunków całkowitego wewnętrznego odbicia).
3. Klasyczne sposoby pomiaru gęstości cieczy.

Literatura:

- | | |
|-----------------|---|
| 1. Wykład | Czujniki światłowodowe |
| 2. Midwinter | Światłowody telekomunikacyjne |
| 3. Szustakowski | Elementy techniki światłowodowej |
| 4. Z. Kaczmarek | Światłowodowe czujniki i przetworniki pomiarowe |

Zajęcia odbywają się w laboratorium 410, C-2

GĘSTOŚĆ CIECZY

GĘSTOŚCIĄ CIAŁA JEDNORODNEGO LUB ŚREDNIĄ GĘSTOŚCIĄ CIAŁA NIEJEDNORODNEGO NAZYWAMY STOSUNEK MASY CIAŁA DO JEGO OBJĘTOŚCI

$$\rho = \frac{m}{V}$$

ρ – gęstość [$\frac{kg}{m^3}$], m – masa [kg], V – objętość [m^3].

Gęstość większości substancji jest zależna od panujących warunków wewnętrznych, w szczególności od temperatury i ciśnienia. W związku z tym, w tablicach opisujących właściwości materiałów podaje się ich gęstość zmierzoną w określonych warunkach, przeważnie są to warunki normalne. Warunki normalne to: ciśnienie 1 atm i temperatura 0°C.

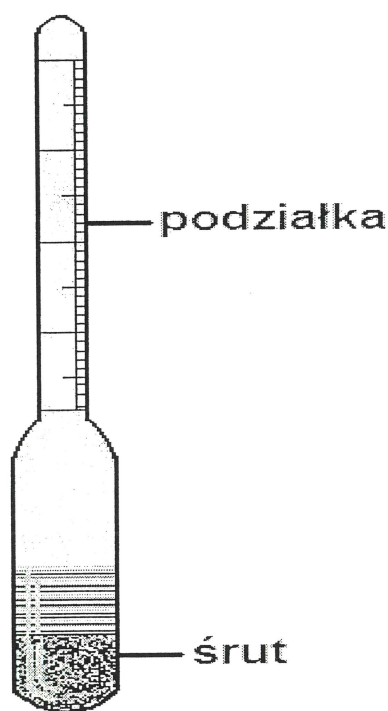
Gęstości wybranych cieczy

substancja	gęstość [kg*m ⁻³]
aceton	790
ropa naftowa	810-850
olej spożywczy	917-924
woda	1000
woda morska	1030

AREOMETR

AREOMETR przyrząd, który wykorzystuje **prawo Archimedes**a w celu wyznaczenia gęstości cieczy.

Zbudowany jest **ze szklanej rurki z podziałką**. W dolnej części rurka jest poszerzona i wypełniona materiałem **dużym ciężarem właściwym**, który stanowi obciążenie np. **śrut**. Pomaga to w uzyskaniu pozycji pionowej przy pomiarach i pozwala na odpowiednie zanurzenie przyrządu.



Areometr zanurza się w każdej cieczy tak głęboko by jego **ciężar własny P_A** był zrównoważony przez **siłę wyporu W** ze strony cieczy. Spełniona jest więc zależność:

$$P_A = W = \gamma_c \times V_{zan} = \text{const}$$

gdzie : γ_c oznacza ciężar właściwy badanej cieczy, V_{zan} objętość zanurzonej części areometru.

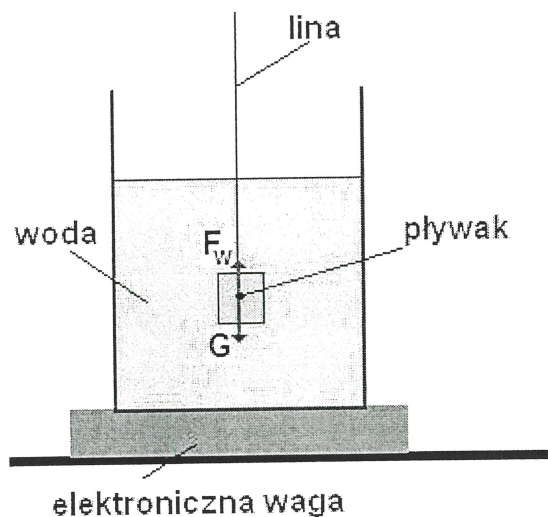
Liczby zaznaczone na skali areometru rosną w miarę przesuwania się ku dołowi, gdyż większym ciężarom właściwym cieczy odpowiadają mniejsze objętości zanurzenia.

W celu dokonania pomiarów areometr umieszcza się w wąskiej menzurce wypełnionej odpowiednią ilością badanej cieczy. Na skali przyrządu można odczytać wynik. Najczęściej areometry są kalibrowane dla temperatury płynu 20°C. W przypadku innej temperatury należy skorzystać z poprawek temperaturowych.

Głębokość zanurzenia areometru świadczy o różnicy między ciężarem areometru a ciężarem wypartego przez niego płynu.

PRAWO ARCHIMEDESA

PRAWO ARCHIMEDESA MÓWI, ŻE NA CIAŁO ZANURZONE W CIECZY DZIAŁA SIŁA WYPORU, SKIEROWANA PIONOWO DO GÓRY, RÓWNA CIĘŻAROWI WYPARTEJ PRZEZ CIAŁO CIECZY.



Przyjmijmy oznaczenia:

V_p – objętość pływaka

G_p – ciężar pływaka $G_p = V_p \cdot \gamma$

gdzie γ - ciężar właściwy materiału pływaka

F_w - siła wyporu działająca na zanurzony pływak $F_w = V_p \cdot \gamma_c$,

gdzie γ_c - ciężar właściwy badanej cieczy

Z prawa ARCHIMEDESA wynikają **warunki pływania ciał**, a mianowicie:

$\gamma < \gamma_c$ - ciało pływa; ($G_p < F_w$)

$\gamma > \gamma_c$ - ciało tonie, ($G_p > F_w$)

$\gamma = \gamma_c$ - ciało utrzymuje się na dowolnej głębokości; ($G_p = F_w$)

Z prawa Archimiedesa korzysta się przy wyznaczaniu objętości ciał stałych oraz gęstości ciał stałych i cieczy.

$$\rho_c = \Delta m / V_p$$

ρ_c – gęstość badanej cieczy [$\frac{kg}{m^3}$], (gęstość cieczy wypartej przez zanurzone ciało)

$\Delta m = m_1 - m_0$ różnica wskazań wagi

m_1 – masa naczynia z cieczą i zanurzoną w niej odpowiednią częścią pływaka lub całym pływakiem [kg]

m_0 – masa naczynia z cieczą [kg],

V_p – objętość zanurzanego pływaka [m^3].

GĘSTOŚĆ BADANEJ CIECZY RÓWNA JEST STOSUNKOWI ZMIANY

WSKAZAŃ WAGI (między: m_1 - masą naczynia z cieczą i zanurzonym w niej pływakiem (częścią pływaka lub całym) a m_0 - masą naczynia z cieczą)

DO OBJĘTOŚCI PŁYWAKA.

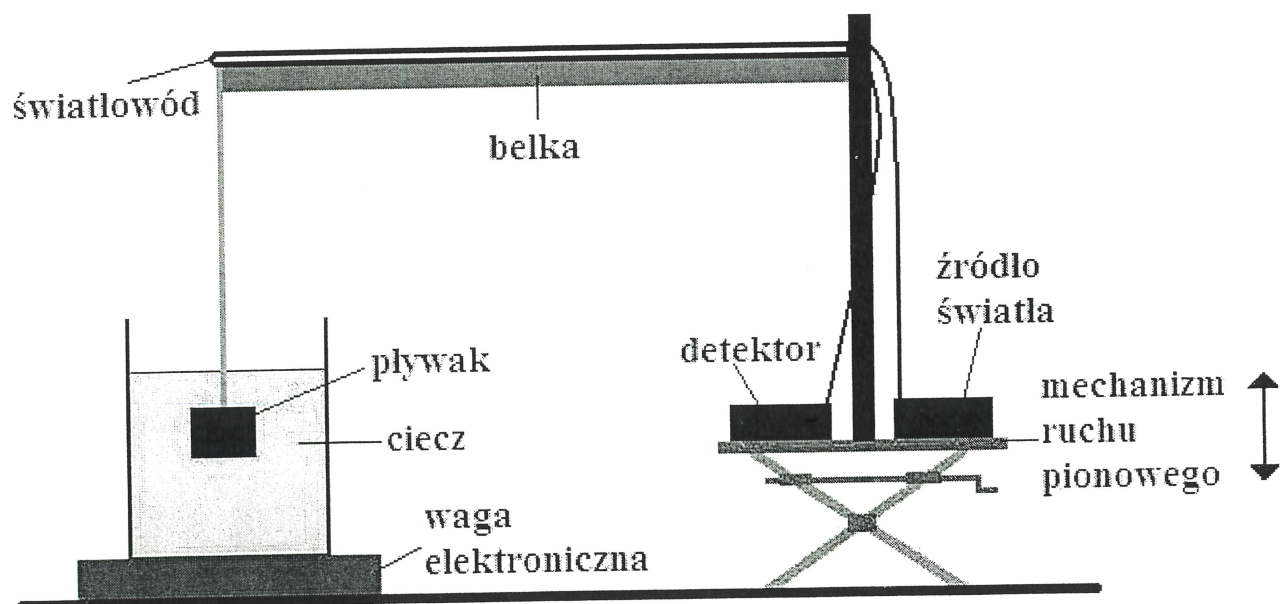
STANOWISKO DO WYZNACZANIA GĘSTOŚCI CIECZY

(część mechaniczna)

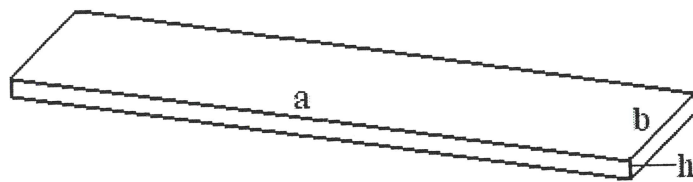
Elementy części mechanicznej układu pomiarowego to:

- **ramie pomiarowe** : metalowa belka z naklejonym światłowodem
- **pływak** zanurzony w badanej cieczy
- **waga elektroniczna**
- **mechanizm ruchu pionowego**

Dokładność i czułość metody zależą od parametrów konstrukcyjnych i materiałowych belki pomiarowej i pływaka.



RAMIĘ POMIAROWE - stanowi je belka jednostronnie podparta

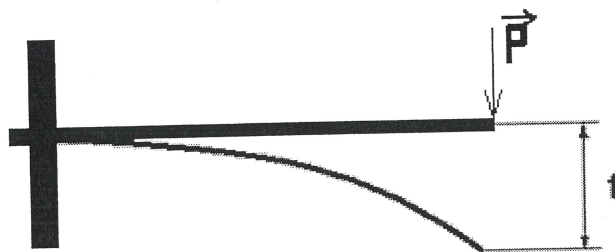


Po analizie teoretycznej przyjęto:

materiał - mosiądz ze względu na wymagania dotyczące sprężystości

wymiary ramienia pomiarowego: a – długość, b- szerokość , h- wysokość;
odpowiednio 300, 6, 1 mm.

Strzałka ugięcia



$$f = \frac{l^3 \times P}{3 \times E \times I_z}$$

f- strzałka ugięcia (największe ugięcie) [m]

l- długość belki [m]

P- Siła przyłożona do wolnego końca ramienia pomiarowego [N]

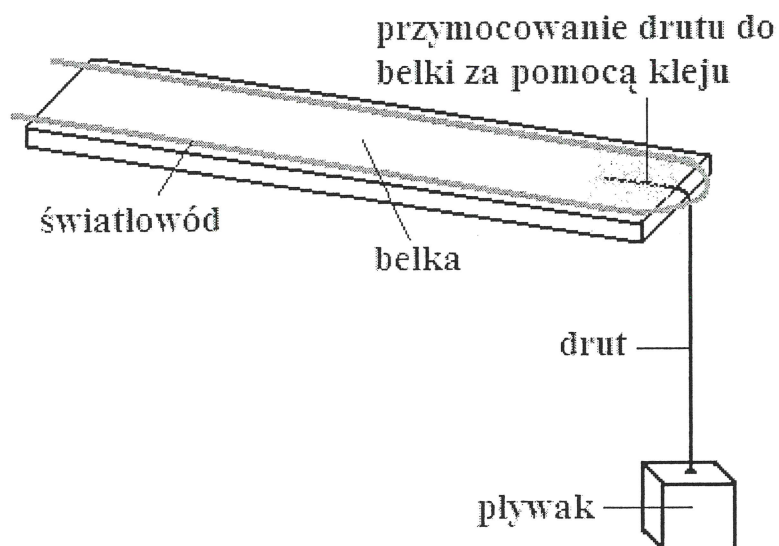
E- moduł Younga materiału $\left[\frac{N}{m^2} \right]$

I_z - osiowy moment bezwładności $[m^4]$

PŁYWAK

W pomiarach zastosowano pływaki wykonane z dwu rodzajów materiału:

- ertacetu o gęstości 1400kg/m^3
- aluminium o gęstości 2700kg/m^3



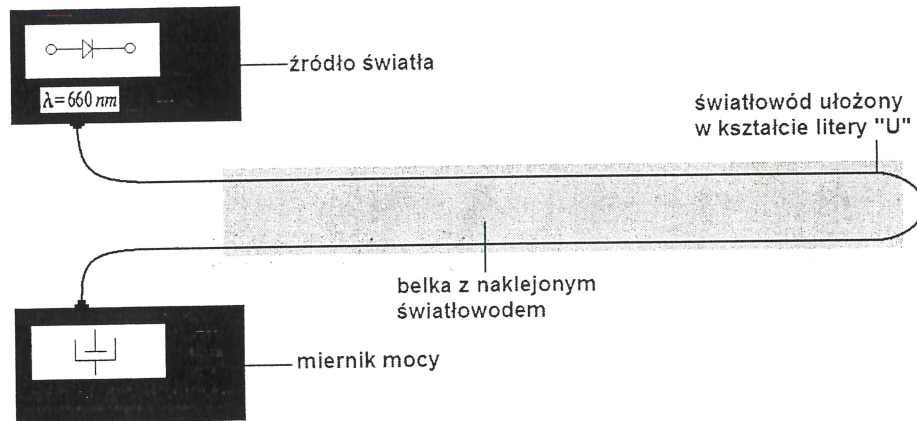
Wymiary pływaków: sześciiany o wymiarach $30\text{mm} \times 30\text{mm} \times 30\text{mm}$, tak więc ich masy są równe odpowiednio: $37,85\text{ g}$ i $74,95\text{ g}$

Ciężar pływaka z aluminium jest prawie dwukrotnie większy niż pływaka z ertacetu; zastosowanie pływaków zależy od ciężaru właściwego badanej cieczy (zagadnienie zanurzenia ciała – wartości siły wyporu)

WAGA ELEKTRONICZNA - dokładność zastosowanej wagi wynosi **0,01g**

STANOWISKO DO WYZNACZANIA GĘSTOŚCI CIECZY

(część optoelektroniczna)



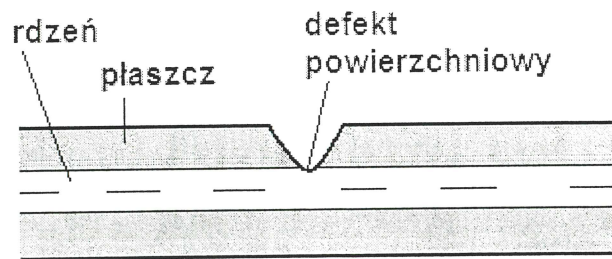
Schemat części optoelektronicznej stanowiska pomiarowego.

Część optoelektroniczna stanowiska składa się z :

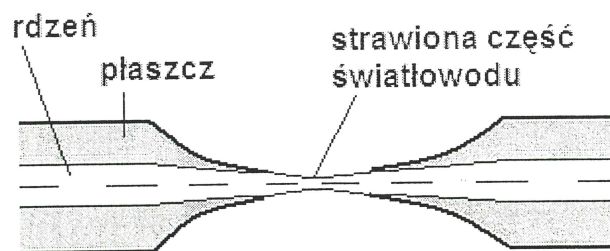
1. **Światłowodowa głowica czujnikowa**, którą stanowi światłowód polimerowy naklejony na mosiężną belkę (ramie pomiarowe), ułożony w kształcie litery U.
2. **Źródło światła** - dioda LED $\lambda = 660\text{nm}$
3. **Miernika mocy optycznej** zawierającego detektor OPT101

DEFEKTY POWIERZCHNIOWE – ZWIĘKSZENIE CZUŁOŚCI POMIAROWEJ GŁOWICY

1. Mechaniczne zarysowanie powierzchni zewnętrznej światłowodu ostrzem



2. Trawienie chemiczne – redukcja średnicy światłowodu



- Trawienie w mieszaninie: aceton, keton metylo-izobutylowy i wody destylowanej. Typowe proporcje to 3 : 1 : 1.
- Szybkość trawienia i jakość uzyskanej powierzchni zależą od proporcji składników mieszaniny trawiącej i jej temperatury .

STĘŻENIE PROCENTOWE ROZTWORU

ROZTWOREM nazywamy układ jednofazowy (jednorodny) dwu lub wieloskładnikowy.

ROZPUSZCZALNIK to ten składnik w układzie, który występuje w nadmiarze.

Pozostałe substancje nazywane są **SUBSTANCJAMI ROZPUSZCZONYMI**.

$$c_p = \frac{m_s}{m_r} \times 100\% = \frac{m_s}{(m_s + m_{rozp})} \times 100\%$$

c_p – stężenie procentowe roztworu [%]

m_s – masa substancji rozpuszczonej [g]

m_r - masa roztworu [g]

m_{rozp} – masa rozpuszczalnika [g]

**WSPÓLCZYNNIK ZAŁAMANIA ROZTWORU CUKRU DLA
WYBRANYCH WARTOŚCI STĘŻEŃ**

STĘŻENIE PROCENTOWE	WSPÓLCZYNNIK ZAŁAMANIA
0.00	1.3330
10.00	1.3478
20.00	1.3639
30.00	1.3812
40.00	1.3999
50.00	1.4201
60.00	1.4419
70.00	1.4654
80.00	1.4958