

**2.4) Wyznaczenie błędu pomiaru momentu bezwładności metodą wahadła fizycznego**

$$\frac{\partial B}{\partial T_1} \Delta T_1 =$$

$$\frac{\partial B}{\partial T_2} \Delta T_2 =$$

$$\frac{\partial B}{\partial m} \Delta m =$$

$$\frac{\partial B}{\partial l} \Delta l =$$

- błąd pomiaru  $\Delta B$  i błąd względny  $(\Delta B / B)100\%$

$$\Delta B = \sqrt{\left(\frac{\partial B}{\partial T_1} \Delta T_1\right)^2 + \left(\frac{\partial B}{\partial T_2} \Delta T_2\right)^2 + \left(\frac{\partial B}{\partial m} \Delta m\right)^2 + \left(\frac{\partial B}{\partial l} \Delta l\right)^2} =$$

$$\frac{\Delta B}{B} 100\% = \text{-----} 100\% =$$

**W N I O S K I**

**LABORATORIUM MECHANIKI TECHNICZNEJ II**

**Ćwiczenie 4. Badanie masowych momentów bezwładności**

DZIEŃ ZAJĘĆ (pn., śr., czw.)	GODZINA	OCENA	DATA:
			PODPIS:

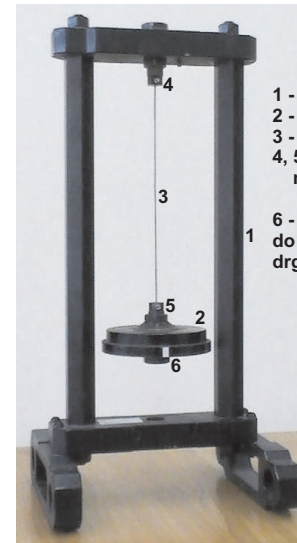
PROWADZĄCY:	
DATA ODDANIA /PODPIS ODBIERAJĄCEGO	
DATA ODDANIA PO POPRAWIE /PODPIS ODBIERAJĄCEGO	

L.p.	IMIĘ i NAZWISKO	INDEKS

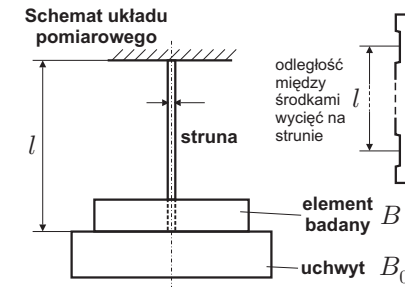
L.p.	IMIĘ i NAZWISKO	INDEKS

UWAGA: WYNIKI WSZYSTKICH OBLICZEŃ PODAWAĆ Z DOKŁADNOŚCIĄ NIE MNIEJ NIŻ 3 I NIE WIĘCEJ NIŻ 5 CYFR ZNACZĄCYCH (OPTYMALNIE 4 CYFRY, np. 123.4 0.001234 1234·10<sup>2</sup> itp.) NIE MYLIĆ CYFR ZNACZĄCYCH Z LICZBĄ MIEJSC PO PRZECINKU!

**1 ) Wyznaczanie momentu bezwładności tarczy metodą zawieszenia jednostrunowego**



- 1 - statyw
- 2 - uchwyt
- 3 - struna
- 4, 5 - wkręty mocujące strunę
- 6 - znacznik do obserwacji drgań



długość struny  $l$  [mm] = .....

$l$  [m] = .....

średnica struny  $d$ [mm] - pomiar w 3 miejscach:

--	--	--

Stanowisko pomiarowe

Wartość średnia  $d$ [m] = .....

Masowy moment bezwł. uchwytu  $B_0 = 0,00474 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

OBLICZENIA:

$$B [\text{kg}\cdot\text{m}^2] = B_0 \left( \frac{T^2}{T_0^2} - 1 \right) =$$

$$\frac{\Delta B}{B} [\%] = \sqrt{1 + 2 \left( \frac{T^2}{T^2 - T_0^2} \right)^2} =$$

biegunowy mom. bezwładności przekroju struny  $I =$  .....

$$G [\text{Pa}] = \frac{4\pi^2 l B_0}{I T_0^2} =$$

Wyniki pomiarów okresu wahań:

L.p.	Czas 50 wahań samego uchwytu $\tau_0$ [s]	L.p.	Czas 50 wahań uchwytu z badanym elementem $\tau$ [s]

wart. średnia  $\tau_{0\text{sr}}$  [s]

wart. średnia  $\tau_{\text{sr}}$  [s]

okres wahań  $T_0$  [s]

okres wahań  $T$  [s]

## 2.1) Pomiary okresu wahań zadanej bryły w punktach zawieszenia A i B

WPISAĆ WYMIARY  
ELEMENTÓW  
dla ZADANEJ BRYŁY

C - środki ciężkości brył

grubość  $g_{1,2,3,4} = \dots$  [mm]  
 $h_1 = \dots$  [mm]  
 $h_1' = \dots$  [mm]  
 $l_1 = \dots$  [mm]  
 $h_2 = h_3 = \dots$  [mm]  
 $l_2 = l_3 = \dots$  [mm]  
 $h_4 = \dots$  [mm]  
 $l_4 = \dots$  [mm]

masa  $m$  [g] = .....  
 $m$  [kg] = .....

odległość między punktami zawieszenia A i B  
 $l$  [mm] = .....  
 $l$  [m] = .....

wartość lokalnego przyspieszenia ziemskiego  $g = 9.812 \text{ m/s}^2$

grubość  $g_{1,2,3,4} = \dots$  [mm]  
 $h_1 = \dots$  [mm]  
 $l_1 = \dots$  [mm]  
 $h_2 = h_3 = \dots$  [mm]  
 $l_2 = l_3 = \dots$  [mm]  
 $h_4 = \dots$  [mm]  
 $l_4 = \dots$  [mm]

KORBOWÓD

Wyniki pomiarów okresu wahań

L.p.	Czas 50 wahań przy zawieszeniu w punkcie A $\tau_1$ [s]	L.p.	Czas 50 wahań przy zawieszeniu w punkcie B $\tau_2$ [s]

wartość średnia

$\tau_{1\text{sr}}$  [s] .....

okres wahań

$T_1 = \frac{\tau_{1\text{sr}}}{50}$  [s] .....

wartość średnia

$\tau_{2\text{sr}}$  [s] .....

okres wahań

$T_2 = \frac{\tau_{2\text{sr}}}{50}$  [s] .....

## 2.2) Obliczenie odległości środka ciężkości i momentu bezwładności wg pomiarów okresów wahań - metoda wahadła fizycznego

- odległość środka masy  $a$

$$a \text{ [m]} = \frac{gT_2^2 - 4\pi^2 l}{g(T_1^2 + T_2^2) - 8\pi^2 l} l =$$

- moment bezwładności  $B$

$$B \text{ [kg}\cdot\text{m}^2] = ma \left( \frac{T_1^2 g}{4\pi^2} - a \right) =$$

## 2.3) Obliczenia środka masy i momentu bezwładności wg wymiarów i mas elementów zadanej bryły.

UWAGI: - Dla uproszczenia zapisu obliczeń pośrednie wyniki wyznaczać dla wymiarów w [mm].

Końcową wartość momentu bezwładności przeliczyć z  $[\text{kg}\cdot\text{mm}^2]$  na  $[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$

- Grubości elementów 1 - 4 są jednakowe, zatem znając masę  $m$  całej bryły możemy określić masy  $m_i$  jej poszczególnych elementów ze wzoru:

$$m_i = \frac{s_i}{s} \cdot m$$

$s_i$  - powierzchnia elementu  $i$ ,  
 $s$  - łączna powierzchnia.

2.3.1) powierzchnia  $s_1 \text{ [mm}^2] = h_1 \cdot l_1 =$

powierzchnia  $s_2 = s_3 \text{ [mm}^2] = h_2 \cdot l_2 =$

powierzchnia  $s_4 \text{ [mm}^2] = h_4 \cdot l_4 =$

łączna powierzchnia  $s = s_1 + s_2 + s_3 + s_4 =$

2.3.2) masa  $m_1 \text{ [kg]} = \frac{s_1}{s} m =$

odl. środka masy  $m_1$  od osi  $x$  (znak wg kierunku  $y$ ):  $a_1 \text{ [mm]} =$

moment bezwładności elementu 1 względem osi przechodzącej przez jego własny środek masy:

$B_1 \text{ [kg}\cdot\text{mm}^2] =$

2.3.3) masa  $m_2 = m_3 \text{ [kg]} = \frac{s_2}{s} m =$

odl. środka masy  $m_2$  i  $m_3$  od osi  $x$  (znak wg kierunku  $y$ ):  $a_2 = a_3 \text{ [mm]} =$

moment bezwładności elementu 2 lub 3 względem osi przechodzącej przez jego własny środek masy:

$B_2 = B_3 \text{ [kg}\cdot\text{mm}^2] =$

2.3.4) masa  $m_4 \text{ [kg]} = \frac{s_4}{s} m =$

odl. środka masy  $m_4$  od osi  $x$  (znak wg kierunku  $y$ ):  $a_4 \text{ [mm]} =$

moment bezwładności elementu 4 względem osi przechodzącej przez jego własny środek masy:

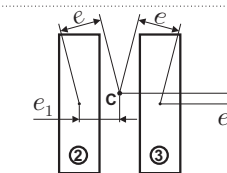
$B_4 \text{ [kg}\cdot\text{mm}^2] =$

2.3.5) Środek masy całej bryły względem osi  $x$  :

$$a \text{ [mm]} = \frac{m_1 a_1 + m_2 a_2 + m_3 a_3 + m_4 a_4}{m} =$$

2.3.6) Masowy moment bezwładności całej bryły względem osi prostopadłej do płaszczyzny rysunku przechodzącej przez środek masy  $C$  :

$B \text{ [kg}\cdot\text{mm}^2] =$



$$e_1 = \frac{l_1 + l_2}{2} =$$

$$e_2 = a_2 - a =$$

UWAGA! Przy obliczaniu momentu bezwładności w punkcie 2.3.6, dla elementów 2 oraz 3 należy wstawiać odległość  $e$  jako odległość punktu  $C$  od środka masy każdego z tych elementów.

$B \text{ [kg}\cdot\text{m}^2] = 10^{-6} \cdot B \text{ [kg}\cdot\text{mm}^2] =$