

EAIiB	Autor 1 Autor 2		Rok II	Grupa 5	Zespół 6
Temat: Wahadło fizyczne			Numer ćwiczenia: 1		
Data wykonania	Data oddania	Zwrot do poprawki	Data oddania	Data zaliczenia	Ocena

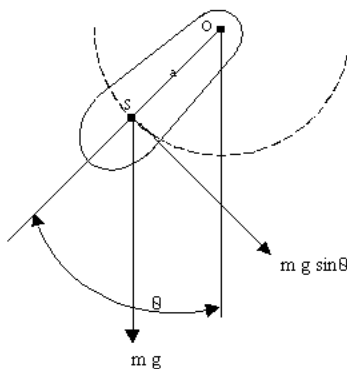
1 Cel ćwiczenia

Zapoznanie się z ruchem drgającym wahadła fizycznego. Wyznaczenie momentu bezwładności brył sztywnych przez pomiar okresu drgań.

2 Wstęp teoretyczny

2.1 Wahadło fizyczne

Wahadłem fizycznym nazywamy bryłę sztywną mogącą się obracać wokół osi obrotu O nie przechodzącej przez środek ciężkości S .



Rysunek 1: Wahadło

Wahadło odchylone od pionu o kąt Θ , a następnie puszczone w swobodnie, będzie wykonywać drgania zwane ruchem wahadlowym. Dla wahadła fizycznego moment siły powstaje pod wpływem siły ciężkości.

2.2 Moment bezwładności

Moment bezwładności to miara bezwładności ciała w ruchu obrotowym. Im większy moment, tym trudniej zmienić ruch obrotowy ciała, np. rozkręcić dane ciało lub zmniejszyć jego prędkość obrotową. Moment bezwładności wyliczamy ze wzoru:

$$I = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2$$

2.3 Definicja twierdzenia Steinera

Moment bezwładności bryły sztywnej względem dowolnej osi jest równy sumie momentu bezwładności względem osi równoległej do danej i przechodzącej przez środek masy bryły oraz iloczynu masy bryły i kwadratu odległości między tymi dwiema osiami, co można wyrazić wzorem:

$$I = I_0 + md^2 \quad (1)$$

2.4 Ruch harmoniczny

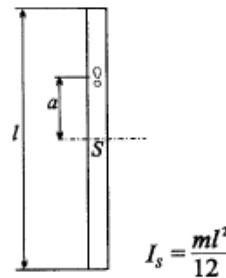
To ruch okresowy, czyli ruch powtarzający się w regularnych odstępach czasu, w którym przemieszczenie x ciała zmienia się w funkcji czasu t w sposób sinusoidalny lub kosinusoidalny. Zależność przemieszczenia $x(t)$ ciała w ruchu harmonicznym opisuje poniższy wzór:

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi) \quad (2)$$

W wahadle fizycznym, przy założeniu małego kąta odchylenia α , prawdziwe jest następujące równanie:

3 Układ pomiarowy

Zestaw ćwiczeniowy stanowi pręt, który zawiesza się na odpowiednim statywie, a następnie wprowadza w ruch drgający. Potrzebne przyrządy pomiarowe to waga elektroniczna, suwmiarka, przymiar milimetrový oraz sekundomierz.



Rysunek 2: Pręt

4 Wykonanie ćwiczenia

1. Zmierzone masę pręta.
2. Zmierzone rozmiary: pręta (l i a).
3. Umieszczono pręt w statywie, wprowadzono go ruch drgający o amplitudzie nie przekraczającej kilku stopni i zmierzono czas 30 drgań. Pomiar ten powtórzono dziesięciokrotnie.

5 Opracowanie wyników

5.1 Obliczenia

1. Obliczamy moment bezwładności geometrycznie korzystając ze wzoru:

$$I_s = \frac{ml^2}{12}$$

2. Wyznaczamy niepewność obliczonego momentu bezwładności w punkcie 1.
3. Obliczamy moment bezwładności względem osi obrotu korzystając ze wzoru:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I_o}{mga}}$$

4. Korzystając z twierdzenia Steinera obliczamy moment bezwładności względem osi przechodzącej przez środek masy.
5. Wyznaczamy niepewność obliczonego momentu bezwładności w punkcie 4.

	I_o wyznaczone z okresu drgań [kg · m ²]	I_s wyznaczone z twierdzenia Steinera [kg · m ²]	I_s wyznaczone ze wzoru [kg · m ²]
Wartość	0,07703	0,02906	0,03003
Niepewność	0,00038	0,00058	0,000093

5.2 Obliczenie niepewności rozszerzonej

$$k = 2$$

$$U(I_s - I_{geom}) = k \cdot \sqrt{(u(I_s))^2 + (u(I_{geom}))^2} = 0,00117 \text{ [kg} \cdot \text{m}^2]$$

$$|I_s - I_{geom}| = 0,03003 - 0,02906 = 0,00097 \text{ [kg} \cdot \text{m}^2]$$

Wyniki obu pomiarów uznajemy za zgodne ze sobą ponieważ:

$$|I_s - I_{geom}| < U(I_s - I_{geom})$$
$$0,00097 < 0,00117$$

6 Wnioski

Wartości momentów bezwładności, otrzymane za pomocą pomiaru drgań pręta, są zgodne z wartościami otrzymanymi w wyniku pomiarów masy i wymiarów. Pierwsza z metod jednak obarczona jest błędem systematycznym, wynikającym z tłumienia drgań przez ośrodek, w którym one zachodzą (powietrze). Przy zwiększonej liczbie mierzonych okresów, błąd systematyczny ma coraz mniejszy wpływ na zaburzenia poprawności wyników. Z tego więc można wywnioskować iż mierzenie coraz liczniejszych okresów drgań wahadła przyczynia się do dokładniejszych wyników.