

Ćwiczenie Nr 214

Temat: **Sprawdzanie podstawowego równania dynamiki ruchu obrotowego**

I. LITERATURA

1. R.Resnick, D.Halliday Fizyka, t. 1, PWN, W-wa,
2. B.Jaworski, A.Dietlaf, Kurs fizyki, t. 1, PWN, W-wa,
3. R.P.Feynman, Feynmana wykłady z fizyki, t. 1, cz. 1, PWN, W-wa,
4. Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki w politechnice, praca zbiorowa pod red. T.Rewaja, PWN, W-wa 1978.
5. Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki. Cz II praca zbiorowa pod redakcją I. Kruk i J. Typka. Wydawnictwo Uczelniane PS. Szczecin 2007

II. TEMATY TEORETYCZNE

1. Pojęcie bryły sztywnej, własności ruchu obrotowego bryły sztywnej. Podstawowe równanie dynamiki ruchu obrotowego.
2. Moment siły, prędkość kątowna, przyspieszenie kątowe, moment bezwładności, twierdzenie Steinera

III. ZAGADNIENIA DOŚWIADCZALNE

Wykorzystując przyrząd do badania ruchu obrotowego należy udowodnić następujące zależności:

$$t^2 = a_1 \cdot s$$
$$t^2 = a_2 \cdot d^2 + b_2$$
$$\frac{1}{t^2} = a_3 \cdot m + b_3$$

gdzie: t - czas opadania ciężarka, d - odległość między ciężarkami, s - droga odważników, m - masa odważników, a_1 , a_2 , a_3 , b_1 , b_2 , b_3 - stałe.

IV. ZESTAW PRZYRZĄDÓW

Przyrząd do badania ruchu obrotowego, waga, komplet odważników (wypożyczyć w pok. 619).

V. OBSŁUGA PRZYRZĄDU

- a) włączyć przyrząd przyciskiem "CETb",
- b) ustalić położenie górnej zaporę świetlną na wymaganej wysokości,
- c) zawiesić ciężarek na nitce,
- d) wcisnąć przycisk "Piyc", nawinąć nitkę na poziomy blok i przełożyć ją przez blok pionowy tak, aby zwisający na nitce ciężarek przechodził centralnie zarówno przez górną jak i przez dolną zaporę świetlną. W razie potrzeby skorygować położenie zapór świetlnych, a jeśli i to nie pomoże wypoziomować przyrząd wkręcając - wykręcając jego nóżki (Posłużyć się zwisającym swobodnie ciężarkiem jako wskaźnikiem pionu)
- e) ustalić położenie ciężarka **tuż nad górną zaporą świetlną** (ważne!) i wyłączyć przycisk "Piyc",
- f) skasować wskazania czasomierza przyciskiem "СБРОС",

- g) wcisnąć ponownie przycisk "Пуск",
- h) odczytać wskazania czasomierza,
- i) pomiary z punktów "e" do "h" powtórzyć pięciokrotnie,
- j) powtórzyć czynności z punktów "b" do "i" pięciokrotnie.

UWAGA: *Położenie zapory na tle skali określa górna krawędź uchwytu zapory.*

VI. WYKONANIE ĆWICZENIA

A. *Sprawdzania zależności $t^2 f(s)$*

- 1) Ustawić ciężarki na poziomym pręcie symetrycznie względem osi i zmierzyć odległość "d" między środkami kulek,
- 2) Wybrać jeden z ciężarków (ich masy podane są) i zmierzyć pięciokrotnie czas potrzebny na przebycie przez ciężarek drogi $s = 48$ cm,
- 3) Pomiary wykonać dla **PIĘCIU** różnych odcinków drogi (zmieniając drogę co 5 cm),

TABELA 1.

Lp	S [m]	t_1 [s]	t_2 [s]	t_3 [s]	t_4 [s]	t_5 [s]	\bar{t} [s]	$(\bar{t})^2$ [s ²]
1	0,48							
2	0,43							
3	0,38							
4	0,33							
5	0,28							

d = (odległość między środkami kul)

m = (masa wybranego ciężarka)

B. *Sprawdzanie zależności $t^2 = f(d^2)$*

- 1) Przy ustalonej drodze "s" i stałej masie m dokonać pomiarów czasu dla PIĘCIU różnych odległości d między kulami (pięciokrotnie dla każdej odległości). Kule powinny być rozmieszczone symetrycznie względem osi obrotu.
- 2) wykreślić zależność $t^2 = f(d^2)$ podać wartości m i s.

TABELA 2.

Lp	d [m]	d^2 [m ²]	t_1 [s]	t_2 [s]	t_3 [s]	t_4 [s]	t_5 [s]	\bar{t} [s]	$(\bar{t})^2$ [s ²]
1									
2									
3									
4									
5									

m = (masa wybranego ciężarka)

s = (wybrana droga opadania ciężarka)

C. **Sprawdzanie zależności** $\frac{1}{t^2} = f[m]$

- 1) Przy ustalonej odległości "d" i stałej drodze s dokonać pomiarów czasu dla PIĘCIU różnych mas (pięciokrotnie dla każdej masy),
- 2) wykreślić zależność $\frac{1}{t^2} = f[m]$, podać wartości d i s.

TABELA 3.

Lp	m [g]	t_1 [s]	t_2 [s]	t_3 [s]	t_4 [s]	t_5 [s]	\bar{t} [s]	$\frac{1}{(\bar{t})^2} \left[\frac{1}{s^2} \right]$
1	43,24							
2	58,65							
3	75,60							
4	89,97							
5	105,04							

d = (odległość między środkami kul)

s = (wybrana droga opadania ciężarka)

VII. OPRACOWANIE WYIKÓW POMIARÓW:

A)

- 1) Uzupełnić Tabelę 1.
- 2) Sporządzić wykres zależności $t^2 = f(s)$.
- 3) Metodą regresji liniowej znaleźć parametry a i b prostej najlepiej dopasowanej do

$$t^2 = a \cdot s + b$$

punktów pomiarowych. (Będzie to równanie typu $\downarrow \downarrow \downarrow \downarrow$, b powinno być

$$y = a \cdot x + b$$

bliskie zeru).

Obliczyć również niepewności $u(a)$ oraz $u(b)$ wyznaczenia współczynników a i b .

- 4) Obliczyć współczynnik korelacji dla otrzymanej prostej. (Wzór podany jest na końcu tej instrukcji oraz na str.23, Lit. 5 lub <http://labor.zut.edu.pl/> w zakładce „Niepewności pomiarowe” wzór 18).

B)

- 5) Uzupełnić Tabelę 2.
- 6) Sporządzić wykres zależności $t^2 = f(d^2)$.
- 7) Metodą regresji liniowej znaleźć parametry a i b prostej najlepiej dopasowanej do

$$t^2 = a \cdot d^2 + b$$

punktów pomiarowych. (Będzie to równanie typu $\downarrow \downarrow \downarrow \downarrow$).

$$y = a \cdot x + b$$

Obliczyć również niepewności $u(a)$ oraz $u(b)$ wyznaczenia współczynników a i b .

- 8) Obliczyć współczynnik korelacji dla otrzymanej prostej.

C)

- 9) Uzupełnić Tabelę 3.
- 10) Sporządzić wykres zależności $\frac{1}{t^2} = f[m]$.
- 11) Metodą regresji liniowej znaleźć parametry a i b prostej najlepiej dopasowanej do

$$\frac{1}{t^2} = a \cdot m + b$$

punktów pomiarowych. (Będzie to równanie typu $\downarrow \downarrow \downarrow \downarrow$).

$$y = a \cdot x + b$$

Obliczyć również niepewności $u(a)$ oraz $u(b)$ wyznaczenia współczynników a i b .

- 12) Obliczyć współczynnik korelacji dla otrzymanej prostej.

- 13) Na podstawie otrzymanych wykresów i obliczonych współczynników korelacji określić, czy cel ćwiczenia został osiągnięty.

Współczynnik korelacji ($r=\pm 1$ - idealna korelacja, $r=0$ – brak korelacji):

$$r = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - \sum_{i=1}^n x_i \cdot \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{\left[n \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \cdot \left[n \cdot \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}}$$