

## 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.

### 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 "Пык", 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 - wykrcając jego nóżki (Posłużyć się zwisającym swobodnie ciężarkiem jako wskaźnikiem pionu)
- e) ustalić położenie ciężarka **tuż nad górną zaporą świetlną** (ważne!) i wyłączyć przycisk "Пык",
- f) skasować wskazania czasomierza przyciskiem "СБРОС",
- g) wcisnąć ponownie przycisk "Пык",

- 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 <sup>2</sup> ] |
|----|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|---------------------------------|
| 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 <sup>2</sup> ] | $t_1$ [s] | $t_2$ [s] | $t_3$ [s] | $t_4$ [s] | $t_5$ [s] | $\bar{t}$ [s] | $(\bar{t})^2$ [s <sup>2</sup> ] |
|----|-------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|---------------------------------|
| 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 WYKÓW 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.

Sporządzić wykres zależności  $\frac{1}{t^2} = f(m)$ .

10)

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):

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