

## Ćwiczenie Nr 222

Temat: **Czas zderzenia kul – sprawdzenie wzoru Hertza**

### I. Literatura:

1. Opracowanie do ćwiczenia Nr 222, czytelnia FiM
2. L.D.Landau, E.M.Lifsztic „Kurs fizyki teoretycznej”, tom 7, „Teoria sprężystości”, § 9.
3. <http://labor.zut.edu.pl/fileadmin/INSTRUKCJE/222t.pdf>

### II. Tematy teoretyczne:

Sprężystość ciała stałego, analiza wymiarowa, prawa zachowania energii, pędu, momentu pędu.

### III. Metoda pomiarowa:

Pomiary mają na celu wyznaczenie zależności czasu zderzenia dwóch metalowych kul  $\tau$  od prędkości kuli uderzającej  $v$ . Czas zderzenia  $\tau$  mierzony jest bezpośrednio, natomiast prędkość kuli uderzającej  $v$  wyznaczamy ze wzoru:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot l_o \cdot (1 - \cos \phi)}, \quad (1)$$

gdzie  $g$  jest przyspieszeniem ziemskim,  $\phi$  kątem odchylenia ruchomej kuli,  $l_o$  długością linki, na której wisi kula (mierzoną od środka kuli do środka osi, na której umocowana jest linka).

Jak wynika ze wzoru Hertza,

$$\tau = 3,291 \cdot \left( \frac{M^2 \cdot (1 - \sigma^2)^2}{E^2 \cdot R \cdot v} \right)^{1/5} \quad (2)$$

czas zderzenia  $\tau$  jest proporcjonalny do prędkości  $v$  potęgą  $(-1/5)$ . Aby sprawdzić, czy nasze rezultaty spełniają tę zależność, należy sporządzić wykres  $\tau(v)$  w układzie logarytmicznym.

Współczynnik kierunkowy prostej najlepiej pasującej do punktów pomiarowych na tym wykresie daje nam szukaną wartość wykładnika potęgowego.

### IV. Zestaw pomiarowy:

Przyrząd FPM-08, komplet metalowych kul, przymiar liniowy..

### V. Wykonanie ćwiczenia:

1. Sprawdzić poziome ustawienie przyrządu pomiarowego i ustawić kule na tym samym poziomie tak, aby swobodnie zwisając stykały się ze sobą, a ostrze prawej kuli wskazywało na skali kąt  $0^0$ . (Można poprosić o pomoc w pok. 619).
2. Zmierzyć długość nici, na której zawieszono są kule (od środka osi obrotu do środka kuli).
3. Oczyszczyć miejsca styku kul używając denaturatu i ręcznika papierowego.
4. Włączyć przyrząd, wciskając czerwony przycisk „**CETb**” (sieć). Ustawić kulę przy elektromagnesie i wychylić elektromagnes tak, aby otrzymać żądany kąt wychylenia kuli  $\phi$  (jako pierwszy kąt proponujemy  $\phi = 3^0$ ).
5. Wcisnąć klawisz „**ИУСК**” (start). Uwolniona kula uderzy w kulę spoczywającą. Odczytać czas zderzenia ( w mikrosekundach  $\mu s$ ) i wpisać go do tabeli.
6. Wyzerować przyrząd wciskając klawisz „**СБРОС**” (kasowanie). Dla danego kąta  $\phi$  powtórzyć pomiar czasu zderzenia ośmiokrotnie. Jeśli przy danym kącie wynik znacznie różni się od pozostałych w tej serii, pomiar powtórzyć.
7. Powtórzyć pomiary czasu zderzenia kul dla 6-ciu różnych kątów  $\phi$  z przedziału  $3^0 - 13^0$ .
8. Wyniki umieścić w tabeli:

nr	$\phi$ [ $^{\circ}$ ]	v [m/s]	ln [v]	$\tau$ [ $\mu$ s]								$\bar{\tau}$ [ $\mu$ s]	ln( $\tau$ )
				1	2	3	4	5	6	7	8		
1	3												
2	5												
3	7												
4	9												
5	11												
6	13												
$l_0 = \dots\dots\dots[m]$				$\Delta\phi = \dots\dots\dots[^{\circ}]$				$\Delta\tau = \dots\dots\dots[\mu s]$					

**VI. Opracowanie wyników pomiarów:**

1. Obliczyć średnie czasy zderzenia kul.
2. Korzystając ze wzoru (1) obliczyć prędkości kul przed zderzeniem.
3. Sporządzić wykres zależności  $\ln(\tau)$  od  $\ln(v)$ . Metodą regresji liniowej wyznaczyć parametry **a** i **b** optymalnej dla uzyskanych punktów pomiarowych prostej
$$\ln(\tau) = a \cdot \ln(v) + b$$
oraz ich niepewności pomiarowe  $u(\mathbf{a})$  i  $u(\mathbf{b})$
4. Porównać uzyskany wynik z teoretyczną wartością wynikającą ze wzoru Hertza. Obliczyć odchylenie procentowe od tej wartości.