

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 τ od prędkości kuli uderzającej v . Czas zderzenia τ 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, ϕ 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 τ 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° . (Można poprosić o pomoc w pok. 2A).
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 ϕ (jako pierwszy kąt proponujemy $\phi = 3^{\circ}$).
5. Wcisnąć klawisz „ИYCK” (start). Uwolniona kula uderzy w kulę spoczywającą. Odczytać czas zderzenia (w mikrosekundach μs) i wpisać go do tabeli.
6. Wyzerować przyrząd wciskając klawisz „CBPOC” (kasowanie). Dla danego kąta ϕ 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 ϕ z przedziału $3^{\circ} - 13^{\circ}$.
8. Wyniki umieścić w tabeli:

nr	φ [$^{\circ}$]	v [m/s]	ln [v]	τ [μ s]								$\bar{\tau}$ [μ s]	ln(τ)
				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.

$$\frac{||a| - 0,2|}{0,2} \cdot 100\%$$