BADANIE OSCYLATORA HARMONICZNEGO

I. Zagadnienia

1. Ruch harmoniczny prosty. Drgania nietłumione i tłumione.
2. Prawo Hooke'a.
3. Zależność okresu drgań sprężyny od obciążenia i masy sprężyny.

II. Literatura

1. H. Szydłowski – Pracownia fizyczna.
2. T. Dryński – Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki.
3. Podręczniki kursowe.

III. Wykonanie ćwiczenia

Uwaga: Sprężynę wprawić w ruch drgający tak, aby nie występował ruch wahadłowy.

A. Badanie zależności okresu drgań oscylatora od obciążenia T = f(m).

Obciążyć szalkę kolejno odważnikami o łącznej masie od 1 kg do 3 kg i zmierzyć czas trwania 20 okresów drgań t = 20 T dla każdego obciążenia. Masa szalki m_{sz} = 0,59 kg, masa sprężyny m_s = 1,12 kg, masa pojedynczego odważnika m = 0,25 kg.

B. Badanie zależności amplitudy drgań od czasu trwania ruchu $A = f(t)_{m = const}$

a) Obciążyć szalkę masą m = 2 kg. Ustalić położenie zerowe. (Włączyć laser i obserwować plamkę świetlną na skali).
b) Rozciągnąć sprężynę tak, aby amplituda początkowa A_0 była równa 100 mm.
c) Zbadać zależność amplitudy drgań od czasu A = f(t). Wartości t i A rejestrować co 20 sekund w przedziale 0 – 3 min., następnie co 1 minutę w przedziale od 3 – 15 minut.

C. Badanie zależności wydłużenia sprężyny od obciążenia x = f(m)

a) Odczytać położenie zerowe sprężyny nieobciążonej x_0 (najlepiej skalę ustawić tak, aby $x_0 = 0$).
b) Obciążyć szalkę kolejno odważnikami o masie od 0,25 do 3 kg i zapisać odpowiadające im wydłużenia sprężyny $x_1, x_2, \dots, x_n$ dla rosnących i malejących obciążeń.
$x_1 = x_1' - x_0$, $x_2 = x_2' - x_0$, … x' – odczyt ze skali

IV. Opracowanie ćwiczenia

1.A. Sporządzić wykres $T^2 = f(m)$. Na podstawie danych do wykresu, metodą regresji liniowej obliczyć współczynnik kierunkowy prostej *a* i wyraz wolny *b* oraz Δa i Δb.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m + m_{sz} + \frac{1}{3}m_s}{k}} \tag{1}$$

$$\underbrace{T^2}_{y} = \underbrace{\frac{4\pi^2\left(m_{sz} + \frac{1}{3}m_s\right)}{k}}_{T_0^2 = b} + \underbrace{\frac{4\pi^2}{k}}_{a} \cdot \underbrace{m}_{x} \tag{2}$$

y = ax + b

2.A. Z zależności $a = \frac{4\pi^2}{k}$ obliczyć k i następnie z zależności $b = \frac{4\pi^2\left(m_{sz} + \frac{1}{3}m_s\right)}{k}$ obliczyć masę sprężyny. Porównać obliczoną wartość m_s z podaną w instrukcji.

1.B. Sporządzić wykresy A = f(t) i $\ln\frac{A_0}{A} = f(t)$.

Równanie opisujące drgania tłumione można zapisać:

(3) $$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\beta\frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = 0$$

ω_0 – częstość drgań własnych układu bez tłumienia

β – współczynnik tłumienia

Dla układu słabo tłumionego powyższe równanie ma rozwiązanie:

(4) $$x = x_0 e^{-\beta t}\cos(\omega t + \varphi) \qquad \omega = \omega_0^2 - \beta^2$$

Zależność $x_0 e^{-\beta t} = A$ spełnia rolę amplitudy drgań, $x_0 = A_0$.

2.B. Na podstawie danych do wykresu $\ln\frac{A_0}{A} = f(t)$, metodą regresji liniowej wyznaczyć współczynnik tłumienia β i następnie czas relaksacji $\tau = \frac{1}{2\beta}$. Porównać uzyskaną wartość τ z obliczoną z danych do wykresu A = f(t), $2\tau = t$ dla $A = A_0/e$.

3.B. Obliczyć logarytmiczny dekrement tłumienia λ z zależności $\lambda = \beta T$ (lub $\lambda = T/2\tau$).

4.B. Obliczyć liczbę drgań N_e, po których amplituda maleje e-krotnie

$$N_e = \frac{\tau}{T}$$

oraz dobroć układu z zależności:

$$Q_1 = \frac{\pi}{\lambda} \qquad \text{i} \qquad Q_2 = \pi N_e$$

1.C. Sporządzić wykres x = f(m).

2.C. Na podstawie danych do wykresu, metodą regresji liniowej wyznaczyć współczynnik kierunkowy prostej α i następnie stałą sprężystości $k = g/\alpha$. Porównać uzyskaną wartość k z wartością obliczona w punkcie 2.B.

Przeprowadzić dyskusję uzyskanych wyników.

Tabela pomiarowa

A $t = 20\ T$

Lp	m	t	T	T^2	m_s	k

B $A_0 =$

Lp	t	A	β	τ	λ	N_e	Q_1	Q_2

C $x_0 =$

Lp	x’	$x = x' - x_0$	k