

Ćwiczenie 7

Drgania harmoniczne sprężyny

Ćwiczenie wraz z instrukcją i konspektem opracował M.Czapkiewicz

Cel ćwiczenia

Wyznaczenie współczynnika sprężystości sprężyny i modułu sztywności materiału sprężyny, sprawdzenie zgodności prawa Hooke'a oraz teorii opisującej wahadło sprężynowe z doświadczeniem.

Wymagane wiadomości teoretyczne

Teoria ruchu harmonicznego prostego. Wzór na okres drgań wahadła sprężynowego z uwzględnieniem masy sprężyny. Własności sprężyste ciał stałych, w szczególności: prawo Hooke'a i jego zakres stosowalności, współczynnik sprężystości, moduł Younga, moduł sztywności. Wyprowadzenie wzoru na wyznaczenie modułu sztywności materiału sprężyny z jej parametrów geometrycznych i współczynnika sprężystości. Metoda regresji liniowej.

Wypożyczenie stanowiska

Zestaw ćwiczeniowy stanowią sprężyny, które zawiesza się na statywie z podziałką pozwalającą wyznaczyć statyczne wydłużenie sprężyn spowodowane zawieszonymi obciążnikami. Potrzebne przyrządy to: waga, suwmiarka, śruba mikrometryczna oraz stoper. Prowadzący wskazuje, którą ze sprężyn i jakie obciążniki należy użyć do wykonania ćwiczenia.

Zagadnienia do przedyskutowania:

Przedstaw prawo Hooke'a w postaci wykresu zależności długości sprężyny od przyłożonej siły i zinterpretuj nachylenie prostej $x(F)$. Od czego zależy współczynnik sprężystości sprężyny? Co to jest moduł Younga i moduł sztywności, oraz jakie są ich jednostki w układzie SI?

Wykonanie ćwiczenia

1. Wyznaczanie współczynnika sprężystości metodą statyczną.

- Zważyć poszczególne obciążniki,
- Odczytać na miarce **kolejne położenia x końca sprężyny** dla różnych obciążeń F .
- Narysować wykres $x(F)$ i dopasować do punktów eksperymentalnych prostą metodą dwuparametrowej regresji liniowej.
- Na podstawie współczynnika nachylenia dopasowanej prostej wyznaczyć współczynnik sprężystości i jego niepewność (metodą przenoszenia niepewności).

Zagadnienia do przedyskutowania:

Od czego zależy okres drgań wahadła sprężynowego? Naszkicuj wykres zależności kwadratu okresu od masy obciążnika i zinterpretuj współczynnik kierunkowy prostej i punkt przecięcia wykresu z osią rzędnych.

2. Wyznaczanie współczynnika sprężystości metodą dynamiczną.

- Zmierzyć czas trwania 20 okresów drgań dla poszczególnych mas M .
- Narysować wykres $T^2(M)$ i dopasować do punktów eksperymentalnych prostą metodą regresji liniowej dwuparametrowej.
- Zinterpretować parametry dopasowanej prostej i wyznaczyć współczynnik sprężystości i jego niepewność (metodą przenoszenia niepewności).

Zagadnienia do przedyskutowania:

Przekształć wzór na współczynnik sprężystości $k = \frac{Gr^4}{4nR^3}$, aby ze znanych wielkości można było otrzymać moduł sztywności. Jak oszacować niepewność wartości, do której obliczania użyte są inne, obarczone niepewnościami, wartości?

3. Wyznaczanie modułu sztywności G.

- Porównać niepewności współczynnika sprężystości zmierzonego metodą 1 i 2, do wyznaczenia modułu sztywności wybrać wartość obarczoną mniejszą niepewnością.
- Policzyć ilość zwojów n sprężyny, zmierzyć średnicę drutu (śrubą mikrometryczną) i średnicę zwojów sprężyny (suwmiarką) - w kilku miejscach, obliczyć średni promień drutu r oraz średni promień zwoju sprężyny R oraz ich niepewności.
- Wyznaczyć moduł sztywności G oraz jego niepewność. Przy obliczeniach sprawdzić, niepewność którego ze zmierzonych parametrów ma największy wpływ na niepewność G ?

4. Wnioski

Porównać wyznaczony moduł sztywności z wartościami tablicowymi dla różnych materiałów i postarać się wywnioskować, biorąc pod uwagę niepewność wyznaczonej wartości, z którego materiału została wykonana sprężyna. Jakie mogą być najbardziej istotne źródła niepewności modułu sztywności mierzonego tą metodą?

Materiał	Typowe wielkości modułu sztywności [GPa] w temp. 20°C	Materiał	Typowe wielkości modułu sztywności [GPa] w temp. 20°C
Diament	478	Złoto	27
Stal krzemowo-manganowa	85	Szkło	26.2
Stal węglowa	77 ... 81	Aluminium	25.5
Żelazo	52.5	Beton	2.2
Miedź	44.7	Ołów	0.60
Tytan	41	Polietylen	0.117
Mosiądz	35	Guma	0.0006

Źródła:

<http://www.wolframalpha.com>

http://en.wikipedia.org/wiki/Shear_modulus

<http://pcws.ia.polsl.pl/ces/pliki/kirchhoff.html>

Literatura

- H. Szydłowski: *Pracownia fizyczna. Wyd. VII poprawione. Warszawa, PWN 1994.*
- Pracownia Fizyczna Wydziału Fizyki i Techniki Jądrowej AGH, Część I. Wydanie drugie, pod redakcją Andrzeja Zięby, Kraków 1999. Skrypty uczelnicze SU 1608, str. 87.