

## Ćwiczenie M7

# Wyznaczanie współczynnika sprężystości sprężyn i ich układów

### M7.1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest analiza ruchu drgającego prostego ciała zawieszonoego na sprężynie, wyznaczenie współczynnika sprężystości sprężyn i ich układów.

### M7.2. Zagadnienia związane z tematyką ćwiczenia

- Charakterystyka ruchu jednostajnego, jednostajnie zmiennego i niejednostajnie zmiennego,
- prawo powszechnego ciężenia, przyspieszenie ziemskie,
- kinematyczne i dynamiczne równania ruchu drgającego prostego,
- okres drgań ciała w ruchu harmonicznym prostym,
- odkształcenie ciała, prawo Hooke'a,
- współczynnik sprężystości, sens fizyczny i wymiar,
- współczynnik sprężystości układu sprężyn połączonych szeregowo lub równolegle,
- metoda najmniejszych kwadratów.

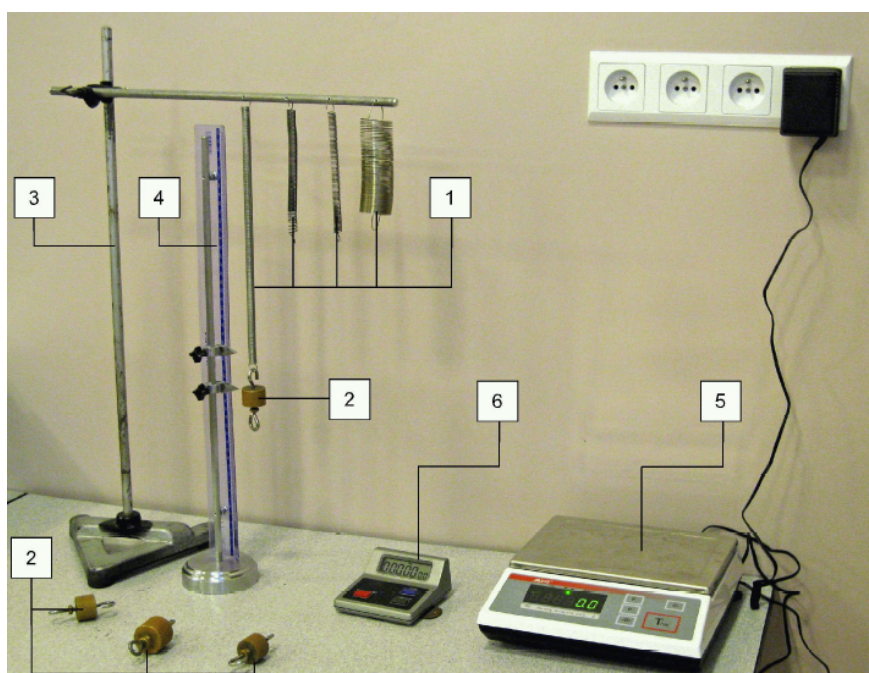
### M7.3. Literatura

- [1] Halliday D., Resnick R., Walker J.: *Podstawy fizyki, cz. 1 i cz. 2*, PWN, Warszawa.
- [2] Bobrowski Cz.: *Fizyka – krótki kurs*, WNT, Warszawa.
- [3] Szczeniowski S.: *Fizyka doświadczalna, cz. 1*, PWN, Warszawa.
- [4] Massalski J., Massalska M.: *Fizyka dla inżynierów cz. 1*, WNT, Warszawa.
- [5] *Metody wykonywania pomiarów i szacowania niepewności pomiarowych*, [http://www.mif.pg.gda.pl/index.php?node=mat\\_dla\\_stud\\_v2](http://www.mif.pg.gda.pl/index.php?node=mat_dla_stud_v2)

#### M7.4. Przebieg ćwiczenia i zadania do wykonania

##### Układ doświadczalny

Rysunek M7.1 przedstawia zdjęcie układu pomiarowego złożonego z następujących elementów: **1** – zestaw badanych sprężyn, **2** – zestaw ciężarków, **3** – statyw, na którym zawieszane są sprężyny, **4** – przymiar liniowy ze znacznikami do pomiaru wydłużenia sprężyny, **5** – waga, **6** – stoper do pomiaru okresu drgań obciążonych sprężyn.



Rysunek M7.1. Zdjęcie układu pomiarowego

##### Zadania do wykonania

M7.1. Wyznaczyć współczynnik sprężystości wybranej sprężyny wykorzystując statyczną metodę pomiaru czyli badając zależność jej wydłużenia od wartości obciążenia (analizę przeprowadzić metodą graficzną i/lub metodą najmniejszych kwadratów).

- M7.2. Wyznaczyć współczynnik sprężystości wybranej sprężyny wykorzystując dynamiczną metodę pomiaru czyli mierząc zależność okresu jej drgań od wartości obciążenia (analizę przeprowadzić metodą graficzną i/lub metodą najmniejszych kwadratów).
- M7.3. Obliczyć moduł sztywności materiału sprężyny z zadania M7.1 lub M7.2.
- M7.4. Wyznaczyć współczynnik sprężystości układu dwóch sprężyn połączonych równolegle  $k_R$  wykorzystując metodę pomiaru z zadania: a) M7.1, b) M7.2.
- M7.5. Wyznaczyć współczynnik sprężystości układu dwóch sprężyn połączonych szeregowo,  $k_S$ , wykorzystując metodę pomiaru z zadania: a) M7.1, b) M7.2.

### Uzupełnienie do zadania M7.3

W przypadku sprężyny jej współczynnik sprężystości następująco zależy od modułu sztywności materiału  $G$  [N/m<sup>2</sup>], z którego została wykonana:

$$k = \frac{Gr^4}{4NR^3}, \quad (\text{M7.1})$$

gdzie  $r$  – promień drutu sprężyny,  $N$  – liczba jej zwojów,  $R$  – promień sprężyny.

### Uzupełnienie do zadań M7.4 i M7.5

Połączyć w układ (równolegle lub szeregowo) sprężyny, których współczynniki sprężystości  $k_1$  i  $k_2$  zostały wyznaczone w trakcie realizacji zadania M7.1 i/lub M7.2. Porównać wartości  $k_R$  i  $k_S$  uzyskane z pomiarów z wyliczonym w oparciu o odpowiednie zależności teoretyczne:  $k_{RT} = f(k_1, k_2)$ ,  $k_{ST} = f(k_1, k_2)$ .

### M7.5. Rachunek niepewności

Niepewność pomiaru masy  $m$ , wydłużenia sprężyny  $x_{0i}$  i okresu drgań obciążonej sprężyny  $T_i$  oceniamy w czasie wykonywania pomiarów na podstawie zakresu i klasy użytych urządzeń pomiarowych oraz podziałki użytego przymiaru liniowego. Wyznaczone wartości nanosimy odpowiednio na wykresy.

Niepewność pomiaru współczynnika sprężystości sprężyny lub układu sprężyn wyznaczamy jako niepewność standardową wielkości złożonej, bo wyrażonej przez współczynnik kierunkowy odpowiedniej zależności liniowej między  $x_0$  i  $m$  oraz  $T$  i  $m$ . Niepewność pomiaru współczynnika kierunkowego wyznaczamy metodą graficzną i/lub obliczamy jako niepewność standardową stosując odpowiednie wzory z metody najmniejszych kwadratów.

W celu skrócenia czasu pomiarów współczynniki sprężystości sprężyn z zadań M7.1 – M7.2 oraz M7.4 – M7.5 można wyliczyć przeprowadzając tylko pojedynczy pomiar (dla jednego obciążenia). Wtedy niepewność pomiaru współczynnika sprężystości wyznaczamy jako maksymalną niepewność wielkości złożonej.

Niepewność pomiaru modułu sztywności  $G$  wyznaczamy jako niepewność standardową wielkości złożonej.