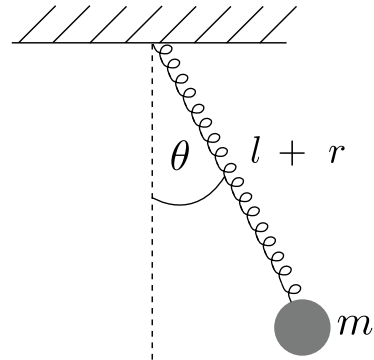


## Laboratorium 5 — wahadło na sprężynie

### Zadanie 1 (6 pkt)

Zbuduj model wahadła na sprężynie opisanego poniższym układem równań, a następnie przedstaw wykresy fazowe dla  $r$  oraz  $\theta$ , pokazujące zależności między zmiennymi i ich pochodnymi.

$$\begin{cases} \ddot{r} = (l + r)\dot{\theta}^2 + g \cos \theta - \frac{kr}{m} \\ \ddot{\theta} = -\frac{2\dot{r}\dot{\theta}}{l+r} - \frac{g \sin \theta}{l+r} \end{cases}$$



gdzie:

$g$  – przyspieszenie ziemskie,

$l$  – długość sprężyny,

$m$  – masa wahadła,

$k$  – współczynnik tłumienia,

Przyjmij:

Czas symulacji = 100,

Metoda: Ode4, krok =  $2^{-6}$ .

$$r(0) = 2,$$

$$\theta(0) = 45^\circ,$$

$$g = 9.81,$$

$$m = 3,$$

$$\dot{r}(0) = 1,$$

$$\dot{\theta}(0) = 12^\circ,$$

$$l = 1.5,$$

$$k = 5.$$

**Uwaga!** Funkcja sinus wymaga zamiany kąta na radiany.

$$\phi_{rad} = \frac{\phi_0 \cdot \pi}{180}$$

### Zadanie 2 (4 pkt)

Przy użyciu jednej z poznanych wcześniej metod utwórz wizualizację wahadła na sprężynie. Do narysowania sprężyny użyj dostarczonej funkcji `generate_spring`.

- Blok „S-Function” — wizualizacja online.
- Blok „To Workspace” — wizualizacja offline.

W przypadku wizualizacji offline, rozpoczęcie symulacji oraz pobranie niezbędnych parametrów powinno odbyć się z poziomu kodu. Np.:

Listing 1: `sprWahadlo_fun`

```
1 sim('sprWahadlo') % uruchomienie symulacji modelu zapisanego jako sprWahadlo
2 m = str2num(get_param('sprWahadlo/Subsystem', 'm')); % pobranie masy z modelu
```

**Uwaga!** Na podstawie maksymalnej długości sprężyny ustal zakres osi. W tym celu wykorzystaj polecenie `axis`. Oś nie powinny się przeskalowywać w trakcie trwania wizualizacji.