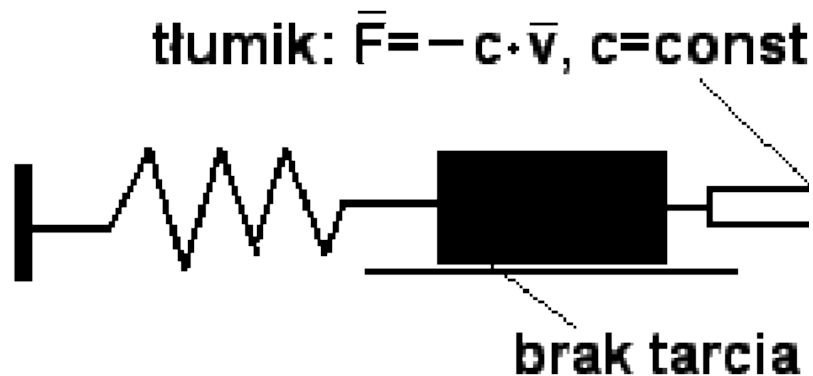


## Zadanie domowe

### Zadanie 1



Dany jest układ:

a sprężyna ma charakterystykę nieliniową:  $k = k_1(1 + k_2 \cdot x^2)$

W ramach zadania należy:

1. Wykonać rysunek (**porządny!**), rysunek powinien zawierać: wprowadzony układ współrzędnych (początek w położeniu równowagi), siły działające na ciało, inne wielkości mające wpływ na rozwiązanie zadania (wymiary, współczynniki, itp.).
2. Wyprowadzić różniczkowe równania ruchu.
3. Sprowadzić ww. równania do układu równań I rzędu.
4. Układ równań rozwiązać numerycznie za pomocą procedury `vrk4`.
5. Sporządzić wykresy:  $x(t)$ ,  $v_x(t)$ .

#### Uwagi

- Wszystkie stałe wymagane do rozwiązania zadania (warunki początkowe, wymiary, itp.) proszę zadawać z klawiatury
- Warunki początkowe:  $x_0 \neq 0$ ,  $v_0 \neq 0$
- Wykresy sporządzić dla przykładowego zestawu danych (**dane te należy zapisać razem z wykresem**)
- Wyprowadzenia, rysunki i wykresy należy oddawać w formie pisemnej

### Zadanie 2

Dany jest układ:

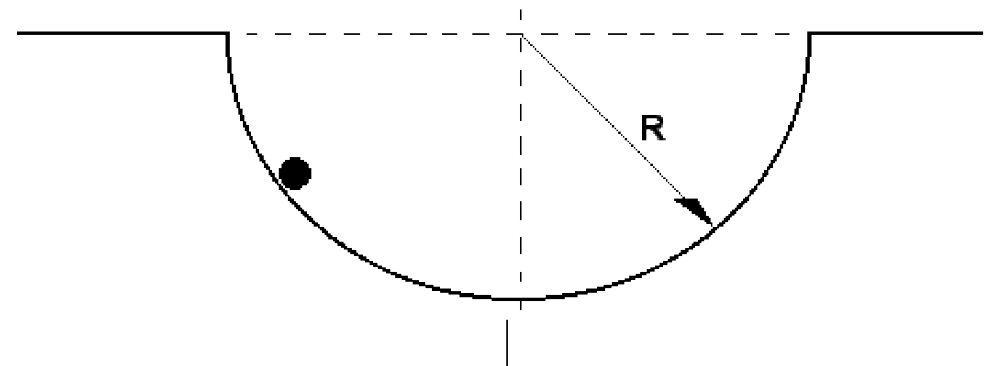


Figure 1:

W ramach zadania należy:

1. Wykonać rysunek (**porządny!**), rysunek powinien zawierać: wprowadzony układ współrzędnych (początek w położeniu równowagi), siły działające na masę, inne wielkości mające wpływ na rozwiązanie zadania (wymiary, współczynniki, itp.).
2. Wyprowadzić różniczkowe równania ruchu.
3. Sprowadzić ww. równania do układu równań I rzędu.
4. Układ równań rozwiązać numerycznie za pomocą procedury `vrk4`.
5. Sporządzić wykresy:  $\alpha(t)$ ,  $\omega(t)$ ,  $\omega(\alpha)$ .
6. Sporządzić wykres energii mechanicznej w czasie  $E_{MECH}(t)$ .

#### Uwagi

- Wszystkie stałe wymagane do rozwiązania zadania (warunki początkowe, wymiary, itp.) proszę zadawać z klawiatury
- Warunki początkowe:  $\alpha_0 \neq 0$ ,  $\omega_0 \neq 0$

- Wykresy sporządzić dla przykładowego zestawu danych (**dane te należy zapisać razem z wykresem**)
- Wyprowadzenia, rysunki i wykresy należy oddawać w formie pisemnej

### Zadanie 3

Dany jest układ:



Figure 2:

wahadło matematyczne; duże drgania, tzn.  $\sin(\alpha) \neq \alpha$

**W ramach zadania należy:**

1. Wykonać rysunek (**porządnny!**), rysunek powinien zawierać: wprowadzony układ współrzędnych (początek w położeniu równowagi), siły działające na masę, inne wielkości mające wpływ na rozwiązanie zadania (wymiary, współczynniki, itp.).
2. Wyprowadzić różniczkowe równania ruchu.
3. Sprowadzić ww. równania do układu równań I rzędu.
4. Układ równań rozwiązać numerycznie za pomocą procedury `vrk4`.
5. Sporządzić wykresy:  $\alpha(t), \omega(t), \omega(\alpha)$ .
6. Sporządzić wykres energii mechanicznej w czasie  $E_{MECH}(t)$ .

**Uwagi**

- Wszystkie stałe wymagane do rozwiązania zadania (warunki początkowe, wymiary, itp.) proszę zadawać z klawiatury
- Warunki początkowe:  $\alpha_0 \neq 0, \omega_0 \neq 0$
- Wykresy sporządzić dla przykładowego zestawu danych (**dane te należy zapisać razem z wykresem**)
- Wyprowadzenia, rysunki i wykresy należy oddawać w formie pisemnej

### Zadanie 4

Dany jest układ:

**W ramach zadania należy:**

1. Wykonać rysunek (**porządnny!**), rysunek powinien zawierać: wprowadzony układ współrzędnych (początek w położeniu równowagi), siły działające na ciało, inne wielkości mające wpływ na rozwiązanie zadania (wymiary, współczynniki, itp.).
2. Wyprowadzić różniczkowe równania ruchu.
3. Sprowadzić ww. równania do układu równań I rzędu.
4. Układ równań rozwiązać numerycznie za pomocą procedury `vrk4`.
5. Sporządzić wykresy:  $x(t), v_x(t), y(t), v_y(t), y(x)$ .

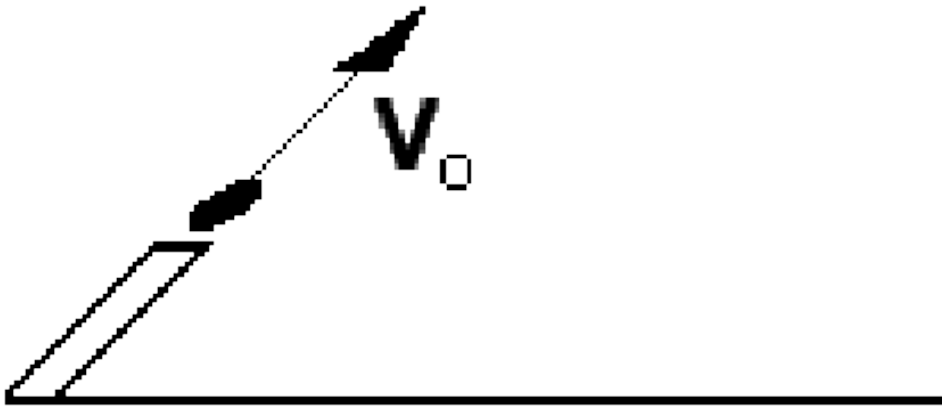


Figure 3:

#### Uwagi

- Wszystkie stałe wymagane do rozwiązania zadania (warunki początkowe, wymiary, itp.) proszę zadawać z klawiatury
- warunki początkowe:  $x_0, y_0$  – zależnie od wprowadzonego układu,  $v_0 \neq 0$
- Wykresy sporządzić dla przykładowego zestawu danych (**dane te należy zapisać razem z wykresem**)
- Wyprowadzenia, rysunki i wykresy należy oddawać w formie pisemnej

#### Zadanie 5

Dany jest układ:

$$F_{oporu} = \frac{\rho v^2}{2} \cdot S \cdot C$$

gdzie:  $\rho$  – gęstość powietrza,  $v$  – prędkość kuli względem powietrza,  $S$  – powierzchnia odniesienia i  $C$  – stały współczynnik.



Figure 4:

#### W ramach zadania należy:

1. Wykonać rysunek (**porządny!**), rysunek powinien zawierać: wprowadzony układ współrzędnych (początek w położeniu równowagi), siły działające na ciało, inne wielkości mające wpływ na rozwiązanie zadania (wymiary, współczynniki, itp.).
2. Wyprowadzić różniczkowe równania ruchu.
3. Sprowadzić ww. równania do układu równań I rzędu.
4. Układ równań rozwiązać numerycznie za pomocą procedury `vrk4`.
5. Sporządzić wykresy:  $z(t), v_z(t)$ .

#### Uwagi

- Wszystkie stałe wymagane do rozwiązania zadania (warunki początkowe, wymiary, itp.) proszę zadawać z klawiatury
- warunki początkowe:  $x_0$  zależnie od wprowadzonego układu współrzędnych,  $z_0 \neq 0$
- Wykresy sporządzić dla przykładowego zestawu danych (**dane te należy zapisać razem z wykresem**)

- Wyprowadzenia, rysunki i wykresy należy oddawać w formie pisemnej

## Zadanie 6

Dany jest układ:

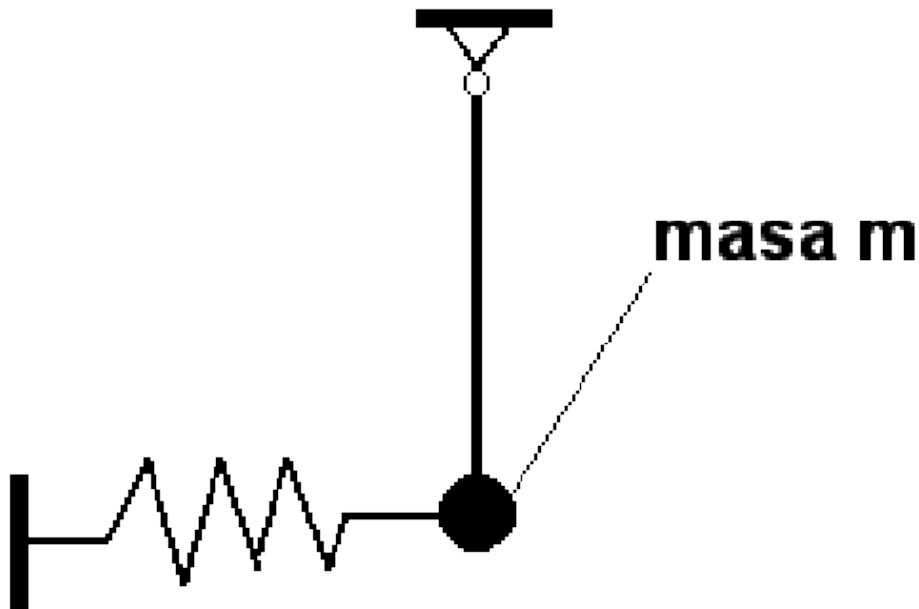


Figure 5:

duże drgania, tzn.  $\sin(\alpha) \neq \alpha$ ; uproszczenie: siła od sprężyny działa zawsze poziomo

W ramach zadania należy:

1. Wykonać rysunek (**porządny!**), rysunek powinien zawierać: wprowadzony układ współrzędnych (początek w położeniu równowagi), siły działające

na masę, inne wielkości mające wpływ na rozwiązanie zadania (wymiary, współczynniki, itp.).

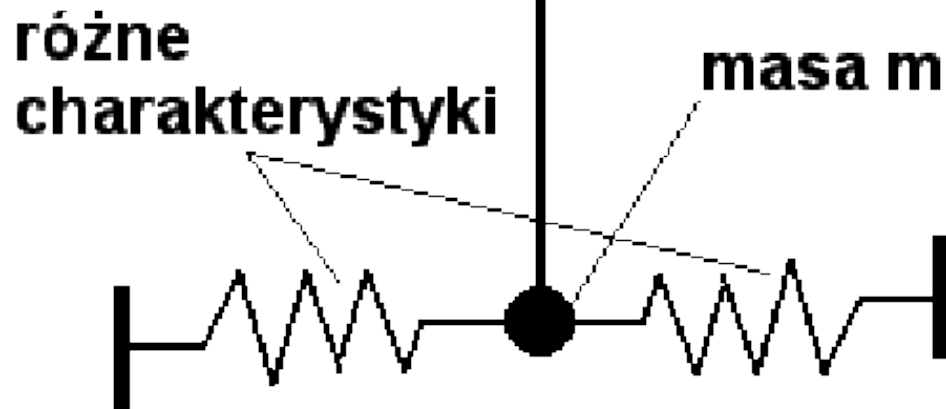
2. Wyprowadzić różniczkowe równania ruchu.
3. Sprowadzić ww. równania do układu równań I rzędu.
4. Układ równań rozwiązać numerycznie za pomocą procedury `vrk4`.
5. Sporządzić wykresy:  $\alpha(t)$ ,  $\omega(t)$ ,  $\omega(\alpha)$ .
6. Sporządzić wykres energii mechanicznej w czasie  $E_{MECH}(t)$ .

## Uwagi

- Wszystkie stałe wymagane do rozwiązania zadania (warunki początkowe, wymiary, itp.) proszę zadawać z klawiatury
- Warunki początkowe:  $\alpha_0 \neq 0$ ,  $\omega_0 \neq 0$
- Wykresy sporządzić dla przykładowego zestawu danych (**dane te należy zapisać razem z wykresem**)
- Wyprowadzenia, rysunki i wykresy należy oddawać w formie pisemnej

## Zadanie 7

Dany jest układ:



duże drgania, tzn.  $\sin(\alpha) \neq \alpha$ ; uproszczenie: siła od sprężyny działa zawsze poziomo

W ramach zadania należy:

1. Wykonać rysunek (**porządnny!**), rysunek powinien zawierać: wprowadzony układ współrzędnych (początek w położeniu równowagi), siły działające na masę, inne wielkości mające wpływ na rozwiązanie zadania (wymiary, współczynniki, itp.).
2. Wyprowadzić różniczkowe równania ruchu.
3. Sprowadzić ww. równania do układu równań I rzędu.
4. Układ równań rozwiązać numerycznie za pomocą procedury `vrk4`.
5. Sporządzić wykresy:  $\alpha(t), \omega(t), \omega(\alpha)$ .
6. Sporządzić wykres energii mechanicznej w czasie  $E_{MECH}(t)$ .

Uwagi

- Wszystkie stałe wymagane do rozwiązania zadania (warunki początkowe, wymiary, itp.) proszę zadawać z klawiatury
- Warunki początkowe:  $\alpha_0 \neq 0, \omega_0 \neq 0$

- Wykresy sporządzić dla przykładowego zestawu danych (**dane te należy zapisać razem z wykresem**)
- Wyprowadzenia, rysunki i wykresy należy oddawać w formie pisemnej

## Zadanie 8

Dany jest układ:

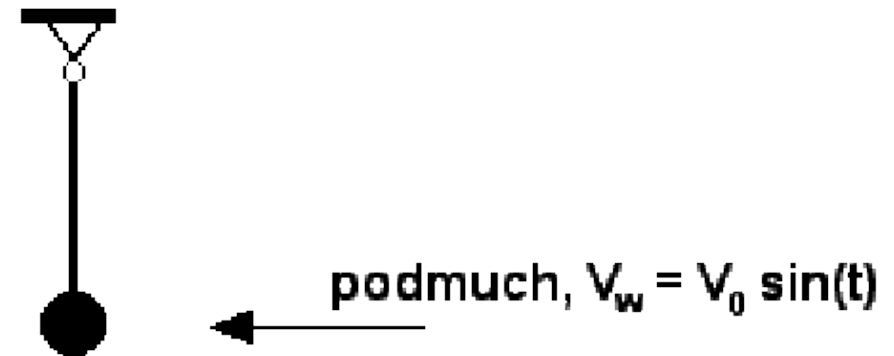


Figure 6:

$$F_{oporu} = \frac{\rho v^2}{2} \cdot S \cdot C$$

gdzie:  $\rho$ -gęstość powietrza,  $v$ -prędkość kuli względem powietrza,  $S$ -powierzchnia odniesienia i  $C$ -stały współczynnik.

W ramach zadania należy:

1. Wykonać rysunek (**porządnny!**), rysunek powinien zawierać: wprowadzony układ współrzędnych (początek w położeniu równowagi), siły działające na masę, inne wielkości mające wpływ na rozwiązanie zadania (wymiary, współczynniki, itp.).

2. Wyprowadzić różniczkowe równania ruchu.
3. Sprawdzić ww. równania do układu równań I rzędu.
4. Układ równań rozwiązać numerycznie za pomocą procedury `vrk4`.
5. Sporządzić wykresy:  $\alpha(t), \omega(t), \omega(\alpha)$ .
6. Sporządzić wykres energii mechanicznej w czasie  $E_{MECH}(t)$ .

#### Uwagi

- Wszystkie stałe wymagane do rozwiązania zadania (warunki początkowe, wymiary, itp.) proszę zadawać z klawiatury
- Warunki początkowe:  $\alpha_0 \neq 0, \omega_0 \neq 0$
- Wykresy sporządzić dla przykładowego zestawu danych (**dane te należy zapisać razem z wykresem**)
- Wyprowadzenia, rysunki i wykresy należy oddawać w formie pisemnej

#### Zadanie 9

Dany jest układ:



Figure 7:

sprężyna o charakterystyce nieliniowej:  $k = k_1(1 + k_2 \cdot x^2)$

W ramach zadania należy:

1. Wykonać rysunek (**porządny!**), rysunek powinien zawierać: wprowadzony układ współrzędnych (początek w położeniu równowagi), siły działające na masę, inne wielkości mające wpływ na rozwiązanie zadania (wymiary, współczynniki, itp.).
2. Wyprowadzić różniczkowe równania ruchu.
3. Sprawdzić ww. równania do układu równań I rzędu.
4. Układ równań rozwiązać numerycznie za pomocą procedury `vrk4`.
5. Sporządzić wykresy:  $x(t), v_x(t)$ .
6. Sporządzić wykres energii mechanicznej w czasie  $E_{MECH}(t)$ .

#### Uwagi

- Wszystkie stałe wymagane do rozwiązania zadania (warunki początkowe, wymiary, itp.) proszę zadawać z klawiatury
- Warunki początkowe:  $x_0 \neq 0, v_0 \neq 0$
- Wykresy sporządzić dla przykładowego zestawu danych (**dane te należy zapisać razem z wykresem**)
- Wyprowadzenia, rysunki i wykresy należy oddawać w formie pisemnej

#### Zadanie 10

Dany jest układ:

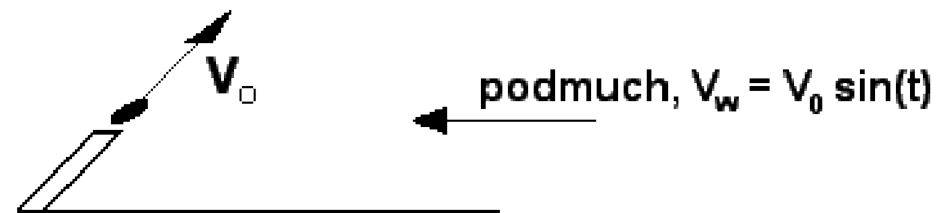


Figure 8:

$$F_{oporu} = \frac{\rho v^2}{2} \cdot S \cdot C$$

gdzie:  $\rho$ -gęstość powietrza,  $v$ -prędkość kuli względem powietrza,  $S$ -powierzchnia odniesienia i  $C$ -stały współczynnik.

#### W ramach zadania należy:

1. Wykonać rysunek (**porządny!**), rysunek powinien zawierać: wprowadzony układ współrzędnych (początek w położeniu równowagi), siły działające na ciało, inne wielkości mające wpływ na rozwiązanie zadania (wymiary, współczynniki, itp.).
2. Wyprowadzić różniczkowe równania ruchu.
3. Sprowadzić ww. równania do układu równań I rzędu.
4. Układ równań rozwiązać numerycznie za pomocą procedury `vrk4`.
5. Sporządzić wykresy:  $x(t)$ ,  $v_x(t)$ ,  $y(t)$ ,  $v_y(t)$ .

#### Uwagi

- Wszystkie stałe wymagane do rozwiązania zadania (warunki początkowe, wymiary, itp.) proszę zadawać z klawiatury
- warunki początkowe:  $x_0, y_0$  zależnie od wprowadzonego układu współrzędnych,  $v_0 \neq 0$
- Wykresy sporządzić dla przykładowego zestawu danych (**dane te należy zapisać razem z wykresem**)
- Wyprowadzenia, rysunki i wykresy należy oddawać w formie pisemnej

#### Zadanie 11

Dany jest układ:

Stożek w wodzie. Należy tak dobrać gęstość, aby stan równowagi odpowiadał zanurzeniu do  $\frac{2}{3}$  wysokości. W celu uproszczenia problemu należy wziąć pod uwagę jedynie siły hydrostatyczne.

#### W ramach zadania należy:

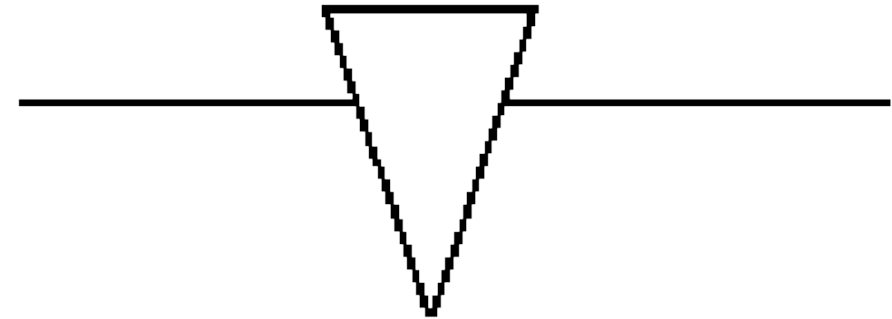


Figure 9:

1. Wykonać rysunek (**porządny!**), rysunek powinien zawierać: wprowadzony układ współrzędnych (początek w położeniu równowagi), siły działające na masę, inne wielkości mające wpływ na rozwiązanie zadania (wymiary, współczynniki, itp.).
2. Wyprowadzić różniczkowe równania ruchu.
3. Sprowadzić ww. równania do układu równań I rzędu.
4. Układ równań rozwiązać numerycznie za pomocą procedury `vrk4`.
5. Sporządzić wykresy:  $z(t)$ ,  $v_z(t)$ .
6. Sporządzić wykres energii mechanicznej w czasie  $E_{MECH}(t)$ .

#### Uwagi

- Wszystkie stałe wymagane do rozwiązania zadania (warunki początkowe, wymiary, itp.) proszę zadawać z klawiatury
- Warunki początkowe:  $z_0 \neq 0$ ,  $v_0 \neq 0$
- Wykresy sporządzić dla przykładowego zestawu danych (**dane te należy zapisać razem z wykresem**)
- Wyprowadzenia, rysunki i wykresy należy oddawać w formie pisemnej

## Zadanie 12

Dany jest układ:

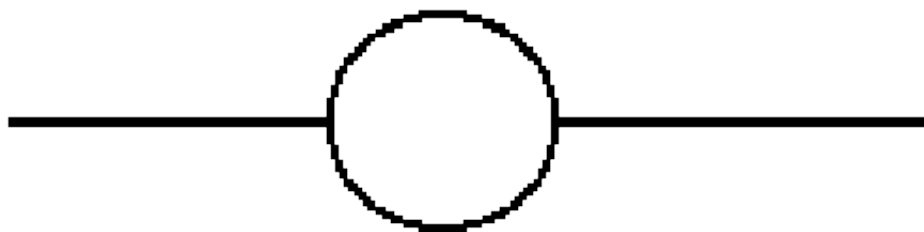


Figure 10:

Kula w wodzie. Należy tak dobrać gęstość, aby stan równowagi odpowiadał zanurzeniu do  $\frac{1}{2}$  wysokości. W celu uproszczenia problemu należy wziąć pod uwagę jedynie siły hydrostatyczne.

W ramach zadania należy:

1. Wykonać rysunek (**porządnym!**), rysunek powinien zawierać: wprowadzony układ współrzędnych (początek w położeniu równowagi), siły działające na masę, inne wielkości mające wpływ na rozwiązanie zadania (wymiały, współczynniki, itp.).
2. Wyprowadzić różniczkowe równania ruchu.
3. Sprowadzić ww. równania do układu równań I rzędu.
4. Układ równań rozwiązać numerycznie za pomocą procedury `vrk4`.
5. Sporządzić wykresy:  $z(t), v_z(t)$ .
6. Sporządzić wykres energii mechanicznej w czasie  $E_{MECH}(t)$ .

## Uwagi

- Wszystkie stałe wymagane do rozwiązania zadania (warunki początkowe, wymiały, itp.) proszę zadawać z klawiatury
- Warunki początkowe:  $z_0 \neq 0, v_0 \neq 0$

- Wykresy sporządzić dla przykładowego zestawu danych (**dane te należy zapisać razem z wykresem**)
- Wyprowadzenia, rysunki i wykresy należy oddawać w formie pisemnej

## Zadanie 13

Dany jest układ:

**upadek kulki  
z podmuchem  
bocznym**

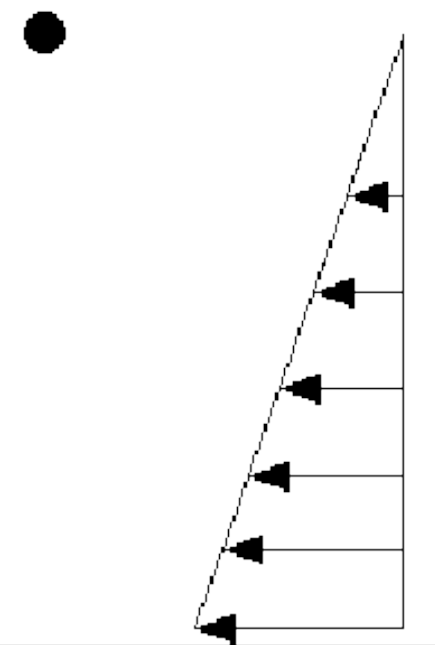


Figure 11:

$$F_{oporu} = \frac{\rho v^2}{2} \cdot S \cdot C$$



gdzie:  $\rho$ -gęstość powietrza,  $v$ -prędkość kuli względem powietrza,  $S$ -powierzchnia odniesienia i  $C$ -stały współczynnik.

W ramach zadania należy:

1. Wykonać rysunek (**porządny!**), rysunek powinien zawierać: wprowadzony układ współrzędnych (początek w położeniu równowagi), siły działające na ciało, inne wielkości mające wpływ na rozwiązanie zadania (wymiały, współczynniki, itp.).
2. Wyprowadzić różniczkowe równania ruchu.
3. Sprowadzić ww. równania do układu równań I rzędu.
4. Układ równań rozwiązać numerycznie za pomocą procedury vrk4.
5. Sporządzić wykresy:  $x(t)$ ,  $v_x(t)$ ,  $y(t)$ ,  $v_y(t)$ .

Uwagi

- Wszystkie stałe wymagane do rozwiązania zadania (warunki początkowe, wymiały, itp.) proszę zadawać z klawiatury
- warunki początkowe:  $x_0, y_0$  zależnie od wprowadzonego układu współrzędnych,  $v_0 \neq 0$
- Wykresy sporządzić dla przykładowego zestawu danych (**dane te należy zapisać razem z wykresem**)
- Wyprowadzenia, rysunki i wykresy należy oddawać w formie pisemnej

**upadek kulki  
z podmuchem  
bocznym**

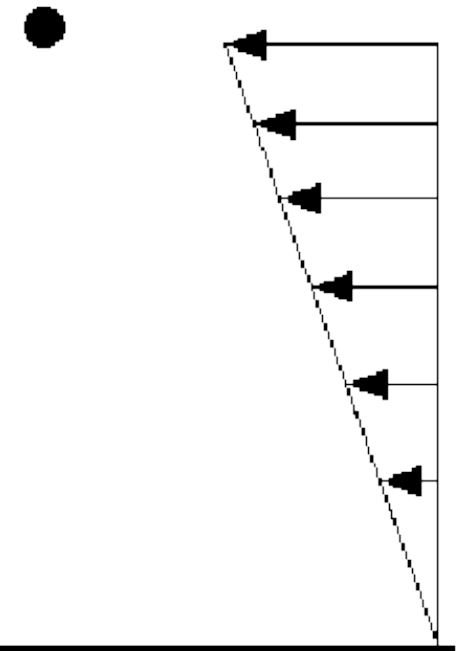


Figure 12:

## Zadanie 14

Dany jest układ:

$$F_{oporu} = \frac{\rho v^2}{2} \cdot S \cdot C$$

gdzie:  $\rho$ -gęstość powietrza,  $v$ -prędkość kuli względem powietrza,  $S$ -powierzchnia odniesienia i  $C$ -stały współczynnik.

**W ramach zadania należy:**

1. Wykonać rysunek (**porządny!**), rysunek powinien zawierać: wprowadzony układ współrzędnych (początek w położeniu równowagi), siły działające na ciało, inne wielkości mające wpływ na rozwiązanie zadania (wymiary, współczynniki, itp.).
2. Wyprowadzić różniczkowe równania ruchu.
3. Sprowadzić ww. równania do układu równań I rzędu.
4. Układ równań rozwiązać numerycznie za pomocą procedury `vrk4`.
5. Sporządzić wykresy:  $x(t)$ ,  $v_x(t)$ ,  $y(t)$ ,  $v_y(t)$ .

**Uwagi**

- Wszystkie stałe wymagane do rozwiązania zadania (warunki początkowe, wymiary, itp.) proszę zadawać z klawiatury
- warunki początkowe:  $x_0, y_0$  zależnie od wprowadzonego układu współrzędnych,  $v_0 \neq 0$
- Wykresy sporządzić dla przykładowego zestawu danych (**dane te należy zapisać razem z wykresem**)
- Wyprowadzenia, rysunki i wykresy należy oddawać w formie pisemnej

**Zadanie 15**

Dany jest układ:

$$F_{oporu} = \frac{\rho v^2}{2} \cdot S \cdot C$$

gdzie:  $\rho$  – gęstość powietrza,  $v$  – prędkość kuli względem powietrza,  $S$  – powierzchnia odniesienia i  $C$  – stały współczynnik.

**W ramach zadania należy:**

1. Wykonać rysunek (**porządny!**), rysunek powinien zawierać: wprowadzony układ współrzędnych (początek w położeniu równowagi), siły działające na ciało, inne wielkości mające wpływ na rozwiązanie zadania (wymiary, współczynniki, itp.).

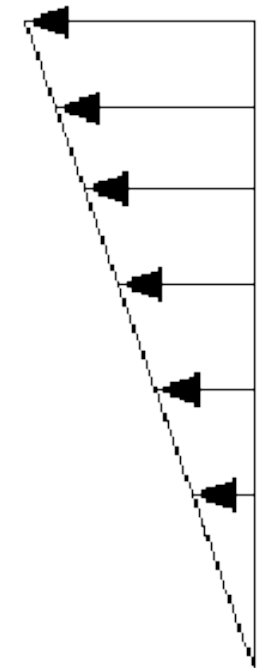


Figure 13:

2. Wyprowadzić różniczkowe równania ruchu.
3. Sprowadzić ww. równania do układu równań I rzędu.
4. Układ równań rozwiązać numerycznie za pomocą procedury `vrk4`.
5. Sporządzić wykresy:  $x(t)$ ,  $v_x(t)$ ,  $y(t)$ ,  $v_y(t)$ .

### Uwagi

- Wszystkie stałe wymagane do rozwiązania zadania (warunki początkowe, wymiary, itp.) proszę zadawać z klawiatury
- warunki początkowe:  $x_0, y_0$  zależnie od wprowadzonego układu współrzędnych,  $v_0 \neq 0$
- Wykresy sporządzić dla przykładowego zestawu danych (**dane te należy zapisać razem z wykresem**)
- Wyprowadzenia, rysunki i wykresy należy oddawać w formie pisemnej

### Zadanie 16

Dany jest układ:

$$F_{oporu} = \frac{\rho v^2}{2} \cdot S \cdot C$$

gdzie:  $\rho$  – gęstość powietrza,  $v$  – prędkość kuli względem powietrza,  $S$  – powierzchnia odniesienia i  $C$  – stały współczynnik.

**W ramach zadania należy:**

1. Wykonać rysunek (**porządny!**), rysunek powinien zawierać: wprowadzony układ współrzędnych (początek w położeniu równowagi), siły działające na ciało, inne wielkości mające wpływ na rozwiązanie zadania (wymiary, współczynniki, itp.).
2. Wyprowadzić różniczkowe równania ruchu.
3. Sprowadzić ww. równania do układu równań I rzędu.
4. Układ równań rozwiązać numerycznie za pomocą procedury `vrk4`.
5. Sporządzić wykresy:  $x(t)$ ,  $v_x(t)$ ,  $y(t)$ ,  $v_y(t)$ .

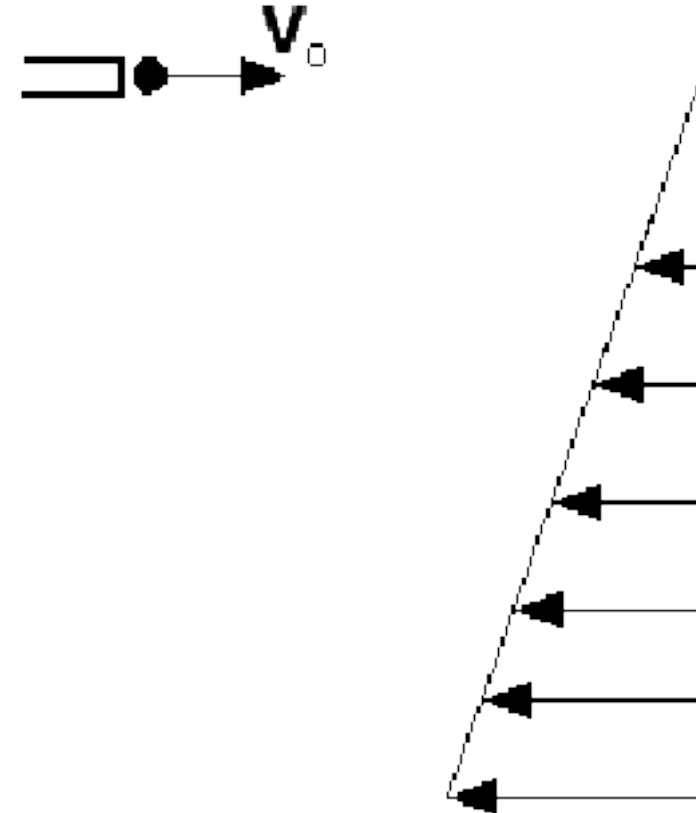


Figure 14:

## Uwagi

- Wszystkie stałe wymagane do rozwiązania zadania (warunki początkowe, wymiary, itp.) proszę zadawać z klawiatury
- warunki początkowe:  $x_0, y_0$  zależnie od wprowadzonego układu współrzędnych,  $v_0 \neq 0$
- Wykresy sporządzić dla przykładowego zestawu danych (**dane te należy zapisać razem z wykresem**)
- Wyprowadzenia, rysunki i wykresy należy oddawać w formie pisemnej

## Zadanie 17

Dany jest układ:

$$F_{oporu} = \frac{\rho v^2}{2} \cdot S \cdot C$$

gdzie:  $\rho$ -gęstość powietrza,  $v$ -prędkość kuli względem powietrza,  $S$ -powierzchnia odniesienia i  $C$ -stały współczynnik.

W ramach zadania należy:

1. Wykonać rysunek (**porządny!**), rysunek powinien zawierać: wprowadzony układ współrzędnych (początek w położeniu równowagi), siły działające na ciało, inne wielkości mające wpływ na rozwiązanie zadania (wymiary, współczynniki, itp.).
2. Wyprowadzić różniczkowe równania ruchu.
3. Sprowadzić ww. równania do układu równań I rzędu.
4. Układ równań rozwiązać numerycznie za pomocą procedury `vrk4`.
5. Sporządzić wykresy:  $x(t), v_x(t), y(t), v_y(t)$ .

## Uwagi

- Wszystkie stałe wymagane do rozwiązania zadania (warunki początkowe, wymiary, itp.) proszę zadawać z klawiatury

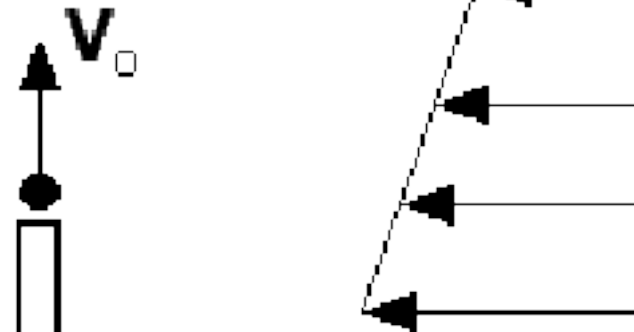


Figure 15:

- warunki początkowe:  $x_0, y_0$  zależnie od wprowadzonego układu współrzędnych,  $v_0 \neq 0$
- Wykresy sporządzić dla przykładowego zestawu danych (**dane te należy zapisać razem z wykresem**)
- Wyprowadzenia, rysunki i wykresy należy oddawać w formie pisemnej

## Zadanie 18

Dany jest układ:

$$F_{oporu} = \frac{\rho v^2}{2} \cdot S \cdot C$$

gdzie:  $\rho$  – gęstość powietrza,  $v$  – prędkość kuli względem powietrza,  $S$  – powierzchnia odniesienia i  $C$  – stały współczynnik.

W ramach zadania należy:

1. Wykonać rysunek (**porządnny!**), rysunek powinien zawierać: wprowadzony układ współrzędnych (początek w położeniu równowagi), siły działające na ciało, inne wielkości mające wpływ na rozwiązanie zadania (wymiary, współczynniki, itp.).
2. Wyprowadzić różniczkowe równania ruchu.
3. Sprowadzić ww. równania do układu równań I rzędu.
4. Układ równań rozwiązać numerycznie za pomocą procedury `vrk4`.
5. Sporządzić wykresy:  $x(t), v_x(t), y(t), v_y(t)$ .

## Uwagi

- Wszystkie stałe wymagane do rozwiązania zadania (warunki początkowe, wymiary, itp.) proszę zadawać z klawiatury
- warunki początkowe:  $x_0, y_0$  zależnie od wprowadzonego układu współrzędnych,  $v_0 \neq 0$
- Wykresy sporządzić dla przykładowego zestawu danych (**dane te należy zapisać razem z wykresem**)
- Wyprowadzenia, rysunki i wykresy należy oddawać w formie pisemnej

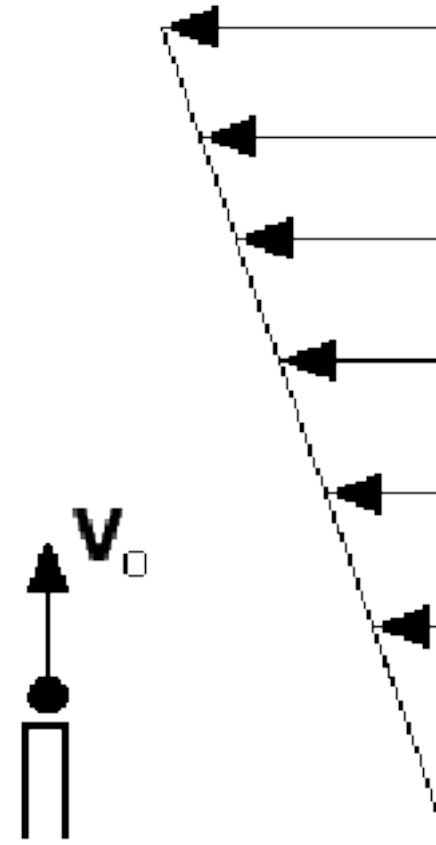


Figure 16:

## Zadanie 19

Dany jest układ:

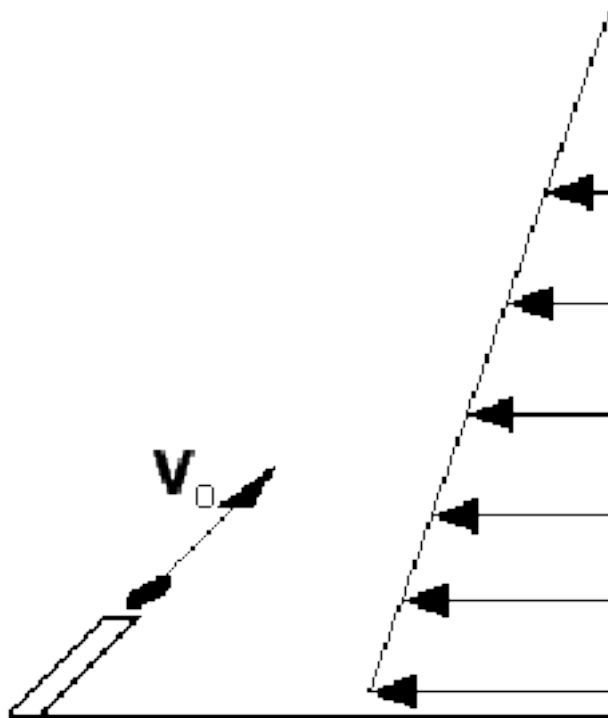


Figure 17:

$$F_{oporu} = \frac{\rho v^2}{2} \cdot S \cdot C$$

gdzie:  $\rho$ -gęstość powietrza,  $v$ -prędkość kuli względem powietrza,  $S$ -powierzchnia odniesienia i  $C$ -stały współczynnik.

W ramach zadania należy:

1. Wykonać rysunek (**porządny!**), rysunek powinien zawierać: wprowadzony układ współrzędnych (początek w położeniu równowagi), siły działające na ciało, inne wielkości mające wpływ na rozwiązanie zadania (wymiary, współczynniki, itp.).
2. Wyprowadzić różniczkowe równania ruchu.
3. Sprowadzić ww. równania do układu równań I rzędu.
4. Układ równań rozwiązać numerycznie za pomocą procedury `vrk4`.
5. Sporządzić wykresy:  $x(t)$ ,  $v_x(t)$ ,  $y(t)$ ,  $v_y(t)$ .

### Uwagi

- Wszystkie stałe wymagane do rozwiązania zadania (warunki początkowe, wymiary, itp.) proszę zadawać z klawiatury
- warunki początkowe:  $x_0, y_0$  zależnie od wprowadzonego układu współrzędnych,  $v_0 \neq 0$
- Wykresy sporządzić dla przykładowego zestawu danych (**dane te należy zapisać razem z wykresem**)
- Wyprowadzenia, rysunki i wykresy należy oddawać w formie pisemnej

## Zadanie 20

Dany jest układ:

$$F_{oporu} = \frac{\rho v^2}{2} \cdot S \cdot C$$

gdzie:  $\rho$ -gęstość powietrza,  $v$ -prędkość kuli względem powietrza,  $S$ -powierzchnia odniesienia i  $C$ -stały współczynnik.

W ramach zadania należy:

1. Wykonać rysunek (**porządny!**), rysunek powinien zawierać: wprowadzony układ współrzędnych (początek w położeniu równowagi), siły działające na ciało, inne wielkości mające wpływ na rozwiązanie zadania (wymiary, współczynniki, itp.).
2. Wyprowadzić różniczkowe równania ruchu.

3. Sprowadzić ww. równania do układu równań I rzędu.
4. Układ równań rozwiązać numerycznie za pomocą procedury `vrk4`.
5. Sporządzić wykresy:  $x(t)$ ,  $v_x(t)$ ,  $y(t)$ ,  $v_y(t)$ .

#### Uwagi

- Wszystkie stałe wymagane do rozwiązania zadania (warunki początkowe, wymiary, itp.) proszę zadawać z klawiatury
- warunki początkowe:  $x_0, y_0$  zależnie od wprowadzonego układu współrzędnych,  $v_0 \neq 0$
- Wykresy sporządzić dla przykładowego zestawu danych (**dane te należy zapisać razem z wykresem**)
- Wyprowadzenia, rysunki i wykresy należy oddawać w formie pisemnej

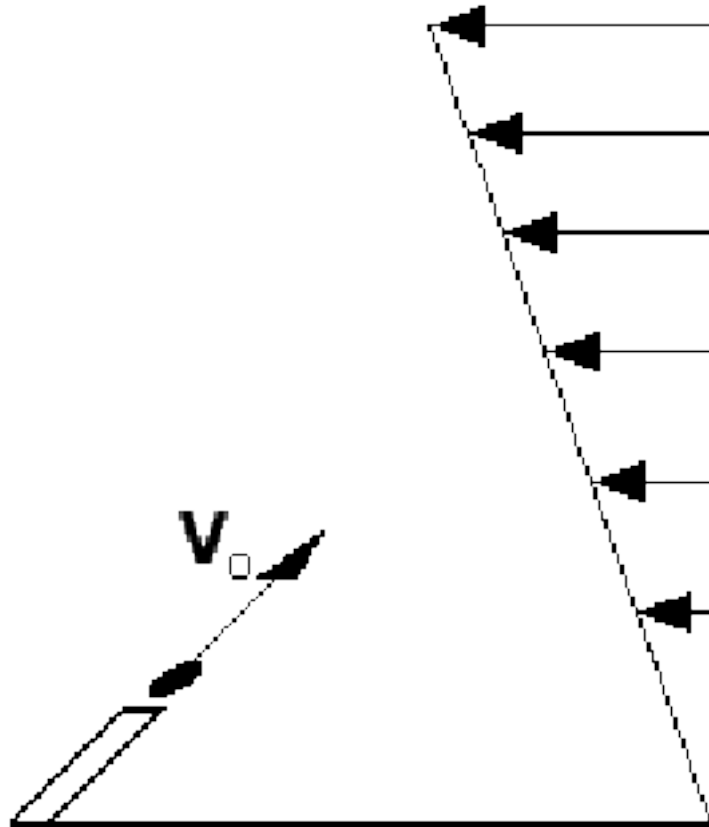


Figure 18:

#### Zadanie 21

Dany jest układ:

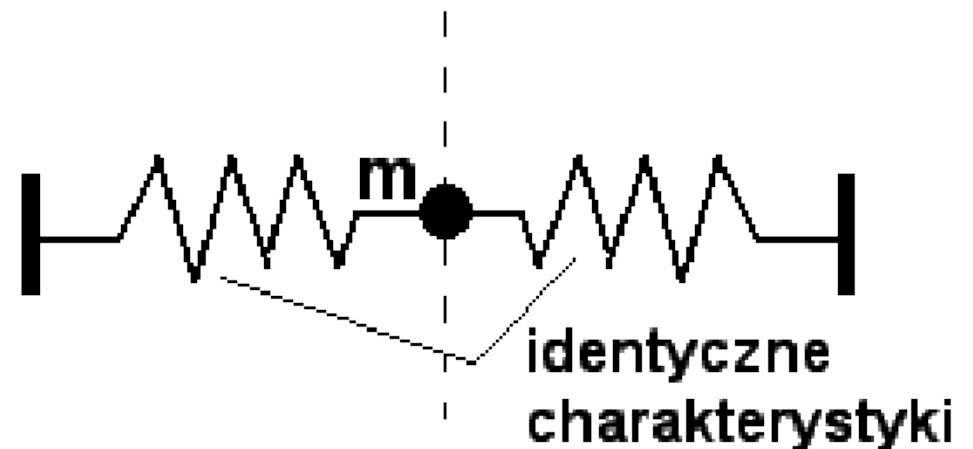


Figure 19:

Ruch masy może odbywać się tylko w pionie, sprężyna o charakterystyce nieliniowej:  
 $k = k_1(1 + k_2 \cdot x^2)$ .

**W ramach zadania należy:**

1. Wykonać rysunek (**porządny!**), rysunek powinien zawierać: wprowadzony układ współrzędnych (początek w położeniu równowagi), siły działające na masę, inne wielkości mające wpływ na rozwiązanie zadania (wymiały, współczynniki, itp.).
2. Wyprowadzić różniczkowe równania ruchu.
3. Sprowadzić ww. równania do układu równań I rzędu.
4. Układ równań rozwiązać numerycznie za pomocą procedury `vrk4`.
5. Sporządzić wykresy:  $z(t)$ ,  $v_z(t)$ .
6. Sporządzić wykres energii mechanicznej w czasie  $E_{MECH}(t)$ .

**Uwagi**

- Wszystkie stałe wymagane do rozwiązania zadania (warunki początkowe, wymiały, itp.) proszę zadawać z klawiatury
- Warunki początkowe:  $z_0 \neq 0, v_0 \neq 0$
- Wykresy sporządzić dla przykładowego zestawu danych (**dane te należy zapisać razem z wykresem**)
- Wyprowadzenia, rysunki i wykresy należy oddawać w formie pisemnej

**Zadanie 22**

Dany jest układ:

Ruch masy może odbywać się tylko w pionie.

**W ramach zadania należy:**

1. Wykonać rysunek (**porządny!**), rysunek powinien zawierać: wprowadzony układ współrzędnych (początek w położeniu równowagi), siły działające na masę, inne wielkości mające wpływ na rozwiązanie zadania (wymiały, współczynniki, itp.).
2. Wyprowadzić różniczkowe równania ruchu.
3. Sprowadzić ww. równania do układu równań I rzędu.
4. Układ równań rozwiązać numerycznie za pomocą procedury `vrk4`.
5. Sporządzić wykresy:  $z(t)$ ,  $v_z(t)$ .
6. Sporządzić wykres energii mechanicznej w czasie  $E_{MECH}(t)$ .

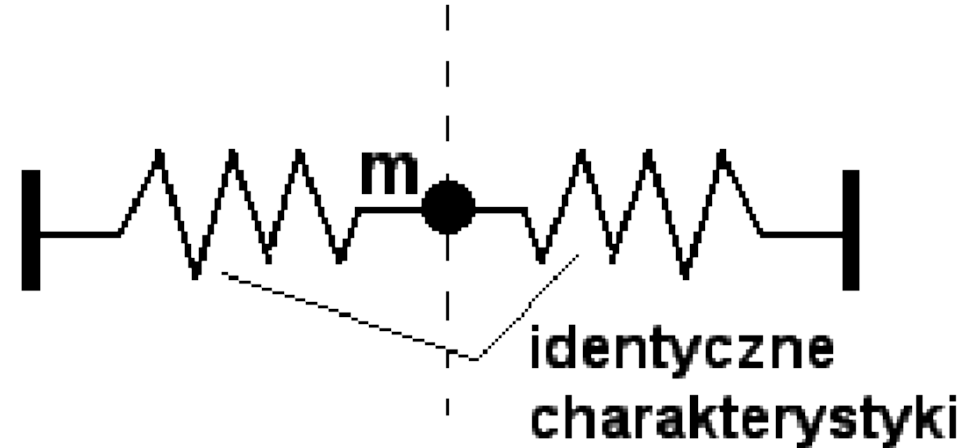


Figure 20:

**Uwagi**

- Wszystkie stałe wymagane do rozwiązania zadania (warunki początkowe, wymiały, itp.) proszę zadawać z klawiatury
- Warunki początkowe:  $z_0 \neq 0, v_0 \neq 0$
- Wykresy sporządzić dla przykładowego zestawu danych (**dane te należy zapisać razem z wykresem**)
- Wyprowadzenia, rysunki i wykresy należy oddawać w formie pisemnej

**Zadanie 23**

Dany jest układ:

**W ramach zadania należy:**

1. Wykonać rysunek (**porządny!**), rysunek powinien zawierać: wprowadzony układ współrzędnych (początek w położeniu równowagi), siły działające na masę, inne wielkości mające wpływ na rozwiązanie zadania (wymiały, współczynniki, itp.).



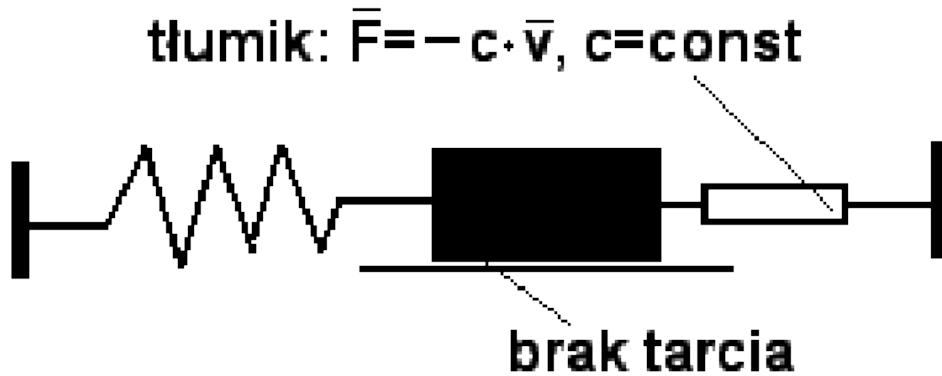


Figure 21:

2. Wyprowadzić różniczkowe równania ruchu.
3. Sprowadzić ww. równania do układu równań I rzędu.
4. Układ równań rozwiązać numerycznie za pomocą procedury `vrk4`.
5. Sporządzić wykresy:  $x(t)$ ,  $v_x(t)$ .
6. Sporządzić wykres energii mechanicznej w czasie  $E_{MECH}(t)$ .

#### Uwagi

- Wszystkie stałe wymagane do rozwiązania zadania (warunki początkowe, wymiary, itp.) proszę zadawać z klawiatury
- Warunki początkowe:  $x_0 \neq 0$ ,  $v_0 \neq 0$
- Wykresy sporządzić dla przykładowego zestawu danych (**dane te należy zapisać razem z wykresem**)
- Wyprowadzenia, rysunki i wykresy należy oddawać w formie pisemnej

#### Zadanie 24

Dany jest układ:

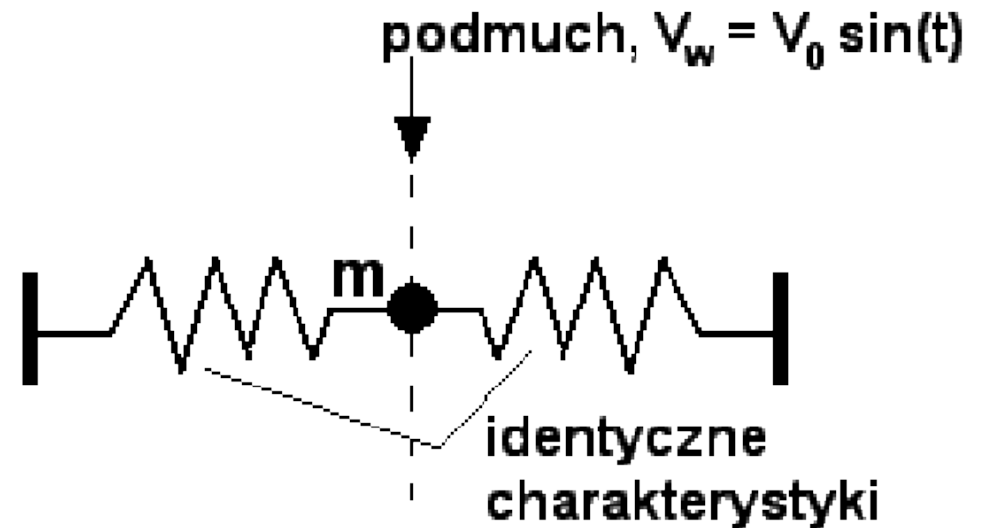


Figure 22:

Ruch masy może odbywać się tylko w pionie, opór powietrza wyraża się wzorem:

$$F_{oporu} = \frac{\rho v^2}{2} \cdot S \cdot C$$

gdzie:  $\rho$ -gęstość powietrza,  $v$ -prędkość kuli względem powietrza,  $S$ -powierzchnia odniesienia i  $C$ -stały współczynnik.

#### W ramach zadania należy:

1. Wykonać rysunek (**porządny!**), rysunek powinien zawierać: wprowadzony układ współrzędnych (początek w położeniu równowagi), siły działające na masę, inne wielkości mające wpływ na rozwiązanie zadania (wymiary, współczynniki, itp.).
2. Wyprowadzić różniczkowe równania ruchu.
3. Sprowadzić ww. równania do układu równań I rzędu.
4. Układ równań rozwiązać numerycznie za pomocą procedury `vrk4`.
5. Sporządzić wykresy:  $z(t)$ ,  $v_z(t)$ .
6. Sporządzić wykres energii mechanicznej w czasie  $E_{MECH}(t)$ .

### Uwagi

- Wszystkie stałe wymagane do rozwiązania zadania (warunki początkowe, wymiary, itp.) proszę zadawać z klawiatury
  - Warunki początkowe:  $z_0 \neq 0, v_0 \neq 0$
  - Wykresy sporządzić dla przykładowego zestawu danych (**dane te należy zapisać razem z wykresem**)
  - Wyprowadzenia, rysunki i wykresy należy oddawać w formie pisemnej
-