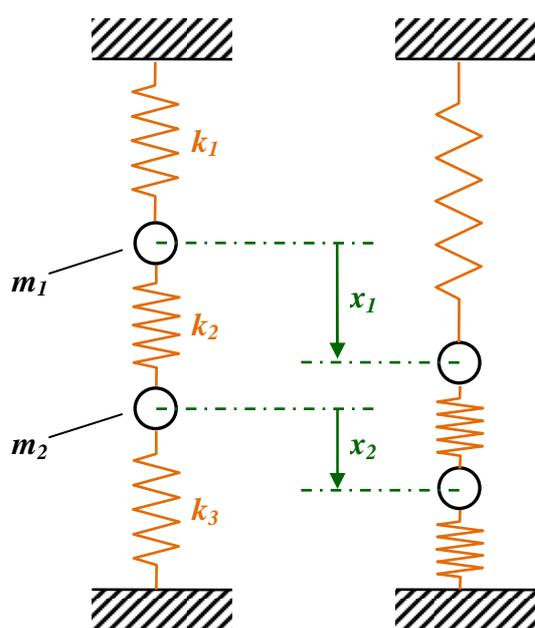


## Übung 6: Doppelschwinger



Gegeben ist ein System von drei miteinander verbundenen Federn. Die Federsteifigkeiten sind gegeben durch

$$k_1 = 120 \frac{\text{N}}{\text{m}}, \quad k_2 = 60 \frac{\text{N}}{\text{m}} \quad \text{und} \quad k_3 = 120 \frac{\text{N}}{\text{m}}.$$

Zwischen den Federn  $k_1$  und  $k_2$  befindet sich die Masse  $m_1$ , zwischen  $k_2$  und  $k_3$  die Masse  $m_2$ . Diese sind gegeben durch

$$m_1 = m_2 = 100 \text{ kg}.$$

### Aufgaben

- Berechne die potentielle Energie  $E_{pot}$  in Abhängigkeit der Variablen  $x_1, x_2$ .  
Berechne die kinetische Energie  $E_{kin}$  in Abhängigkeit der Variablen  $x_1, x_2$ .
- Stelle die Differentialgleichung auf, die die Bewegungen des Systems beschreibt. Verwende dazu die Lagrange'schen Gleichungen 2. Art.
- Stelle die Massematrix  $M$  und die Steifigkeitsmatrix  $K$  auf und schreibe die Differentialgleichung in Matrixschreibweise.
- Zum Lösen der Differentialgleichung benutzen wir wieder Simulink. Auf der Homepage befindet sich ein Modell-Rumpf zum Download. Teste das System für die Startwerte  $\begin{Bmatrix} \dot{x}_1 = 0 \\ \dot{x}_2 = 0 \end{Bmatrix}$  und  $\begin{Bmatrix} x_1 = 4 \\ x_2 = 4 \end{Bmatrix}, \begin{Bmatrix} x_1 = 4 \\ x_2 = -4 \end{Bmatrix}, \begin{Bmatrix} x_1 = 4 \\ x_2 = 0 \end{Bmatrix}, \begin{Bmatrix} x_1 = 3 \\ x_2 = 1 \end{Bmatrix}, \begin{Bmatrix} x_1 = 3 \\ x_2 = -1 \end{Bmatrix}$  und/oder andere nach Belieben.
- Bestimme die Analytische Lösung für die gegebenen Startwerte und vergleiche mit den numerischen Ergebnissen, gegebenenfalls durch plotten der analytischen Lösung.

### Zusatzüberlegung

- Beim Aufstellen der Differentialgleichung mit Lagrange 2 wird keine Dämpfung der Federn betrachtet. Angenommen wir hätten Dämpfungsparameter  $b_1, b_2$  und  $b_3$  gegeben, wie würde man diese wohl nachträglich in die DGL einbauen?

### Falls Zeit und Lust

- Simuliere den Doppelschwinger mit Adams.

**Zu Aufgabenteil g.**

- i. **Working Grid anpassen**  
*Settings* → *Working Grid*: *Size*:  $75\text{m} \times 50\text{m}$ , *Spacing*:  $5\text{m} \times 5\text{m}$
- ii. **Schwerkraft entfernen**  
*Settings* → *Gravity*: ausschalten
- iii. **Aufhängepunkte erzeugen**  
*Point* bei  $(0, 50\text{m})$  und  $(0, -50\text{m})$
- iv. **Massen erzeugen**  
*Sphere*: bei  $(0, 15\text{m})$  und  $(0, -15\text{m})$   
über *Modify* Massen festlegen
- v. **Federn erzeugen**  
 $k_1$ : von Punkt1 zu Masse1  
 $k_2$ : von Masse1 zu Masse2  
 $k_3$ : von Masse2 zu Punkt2  
über *Modify* Steifigkeiten festlegen und Dämpfung ausschalten
- vi. **Anfangsbedingungen festlegen**  
bei  $k_1$  und  $k_3$  über *Modify*:  
 $k_1$ : *Preload* 0.0  
*Length at Preload*:  $35 + x_1^{(0)}$   
 $k_3$ : *Preload* 0.0  
*Length at Preload*:  $35 - x_2^{(0)}$
- vii. **Simulation und Postprocessing**  
...

