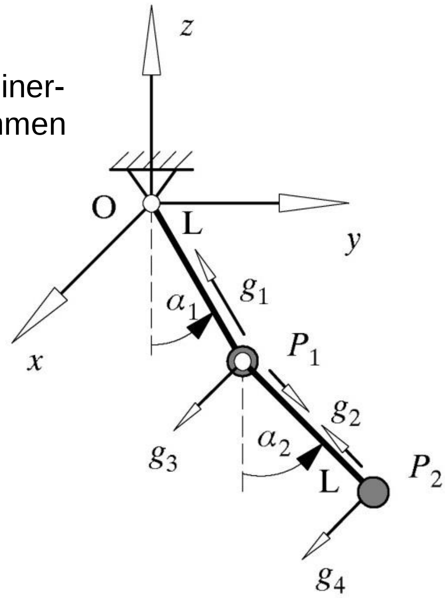
Virtuelle Arbeit der Reaktionskräfte am Doppelpendel

Aufgabe 1



a) Die virtuelle Verschiebung eines Körpers mit den verallgemeinerten Koordinaten $\mathbf{y}$ und dem Ortsvektor $\mathbf{r}_i(\mathbf{y})$ lässt sich bestimmen mit

$$\delta\mathbf{r}_i = \underline{\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad} .$$

b) Für ein Doppelpendel findet man mit dem Lagevektor $\mathbf{y} = [\alpha_1 \quad \alpha_2]$ und den Ortsvektoren und Jacobi-Matrizen

$$\mathbf{r}_1 = \left[\qquad\qquad\right], \mathbf{J}_{T1} = \left[\qquad\qquad\right]$$

$$\mathbf{r}_2 = \left[\qquad\qquad\right], \mathbf{J}_{T2} = \left[\qquad\qquad\right]$$

für die virtuellen Verschiebungen die Beziehungen

$$\delta\mathbf{r}_1 = \left[\qquad\qquad\right], \qquad \delta\mathbf{r}_2 = \left[\qquad\qquad\right].$$

c) Mit den verallgemeinerten Zwangskräften und Zwangsmomenten $\mathbf{g} = [g_1 \quad g_2 \quad g_3 \quad g_4]$ ergeben sich die Reaktionskräfte und Verteilungsmatrizen zu

$$\mathbf{f}_1^r = \left[\qquad\qquad\right] \overset{!}{=} \left[\qquad\qquad\right] \cdot \mathbf{g}$$

$$\mathbf{f}_2^r = \left[\qquad\qquad\right] \overset{!}{=} \left[\qquad\qquad\right] \cdot \mathbf{g}.$$

d) Die virtuelle Arbeit der Zwangskräfte $\mathbf{f}_i^{\mathrm{r}}$ ist damit

$\delta W^{\mathrm{r}} =$ ____________________________

$=$ ____

____

____

____

e) Das Verschwinden der virtuellen Arbeit $\delta W^{\mathrm{r}} = \delta\mathbf{y}^{\mathbf{T}} \cdot \bar{\mathbf{J}}^{\mathrm{T}} \cdot \bar{\mathbf{Q}} \cdot \mathbf{g}$ der Reaktionskräfte lässt sich auch mit der Orthogonalitätsbeziehung

$$\bar{\mathbf{J}}^{\mathrm{T}} \cdot \bar{\mathbf{Q}} = \_\_\_ \left[\begin{array}{c|c} \quad\quad\quad\quad & \quad\quad\quad\quad \\ & \\ & \end{array}\right] \cdot \left[\begin{array}{cccc} 0 & 0 & 1 & 0 \\ -\sin\alpha_1 & \sin\alpha_2 & 0 & 0 \\ \cos\alpha_1 & -\cos\alpha_2 & 0 & 0 \\ \hdashline 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -\sin\alpha_2 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha_2 & 0 & 0 \end{array}\right]$$

$$= \left[\begin{array}{c} \quad\quad\quad\quad \\ \\ \end{array}\right]$$

prüfen.