TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN

Fakultät V – Verkehrs- und Maschinensysteme - Institut für Mechanik

FG Systemdynamik
und Reibungsphysik

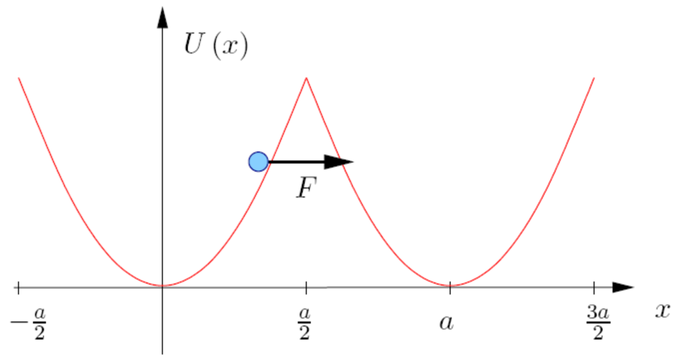
Prof. Dr. Valentin L. Popov
Dipl.-Ing. Stephan Kusche

Kontaktmechanik und Reibungsphysik WiSe 2016/17 – UE 12

Thema: Reibung und Instabilitäten

Aufgabe 1: Reibung auf atomarer Skala – Das Tomlinson-Modell

Untersuchen Sie ein etwas abgeändertes Tomlinson-Modell. Ein Massenpunkt (Masse m) bewegt sich unter einer angelegten Kraft F in einem periodischen Potential, das allerdings nicht sinusförmig ist, sondern sich aus einzelnen Parabelstücken zusammensetzt:



$$U(x) = \frac{1}{2}cx^2 \text{ für } -\frac{a}{2} \le x \le \frac{a}{2}$$

mit

$$U(x+a) = U(x)$$

Die Dämpfungskraft, die aus phononischer bzw. elektronischer Reibung resultiert, habe die Dämpfungskonstante γ.

(a) Stellen Sie die Bewegungsdifferentialgleichung auf und überführen Sie diese mittels $x = \xi\tilde{x}$, $t = \tau\tilde{t}$ und Wahl $\xi = a$ in die dimensionslose Form

$$\frac{d^2\tilde{x}}{d\tilde{t}^2} + 2\alpha\frac{d\tilde{x}}{d\tilde{t}} + \tilde{x} = \tilde{F}$$

Identifizieren Sie α und $\tilde{F}$!

(b) Bestimmen Sie die statische Reibungskraft.

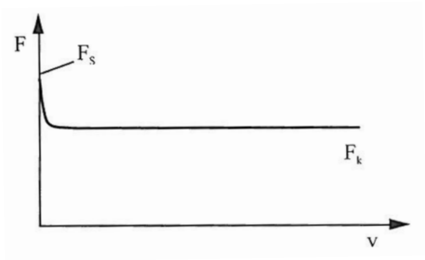
(c) Berechnen Sie nun die kinetische Reibungskraft als Funktion der (dimensionslosen) Dämpfung α und stellen Sie diese graphisch dar.

Hinweis: Lösen Sie die Differentialgleichung unter der Annahme, dass sich der Massenpunkt gerade noch von Potentialspitze zu Potentialspitze in einer Zeit T bewegen kann. Dies ist der Fall minimaler mittlerer Geschwindigkeit. Dieser Grenzfall ist gegeben durch

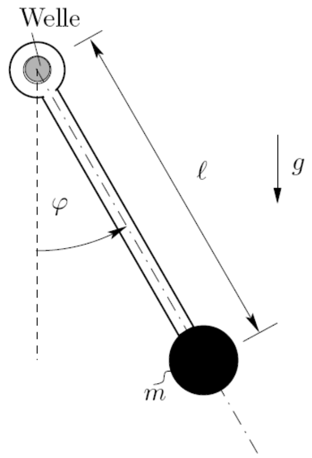
$$x(t=0) = -\frac{a}{2}, \quad x(t=T) = \frac{a}{2}, \qquad \dot{x}(t=0) = 0, \qquad \dot{x}(t=T) = 0$$

Aufgabe 2: Stick - Slip

Als einfaches Modell einer Reibpaarung soll ein starrer Block der mittels einer Feder über einen Reibungsbehafteten Untergrund gezogen wird untersucht werden. Es wird angenommen dass nur bei sehr kleinen Geschwindigkeiten ($v \approx 0$) die Reibkraft erhöht ist und mit steigenden Geschwindigkeit sehr schnell auf ein konstantes, niedrigeres Niveau abfällt. Untersuchen Sie das Verhalten des Systems.



Aufgabe 3: Froudesches Pendel



Ein Froudesches Pendel der Länge l, bestehend aus einem masselosen Stab, an dessen Ende eine Punktmasse m befestigt ist, hängt an einer runden Welle. Sie läuft mit konstanter Winkelgeschwindigkeit $\dot{\varsigma}$ um, wobei zwischen Welle und Aufhängering ein Reibmoment M_R übertragen wird, welches eine Funktion der relativen Winkelgeschwindigkeit $\dot{\varsigma}$ zwischen Welle und Pendel ist.

a) Berechnen Sie die Gleichgewichtslagen des Pendels.

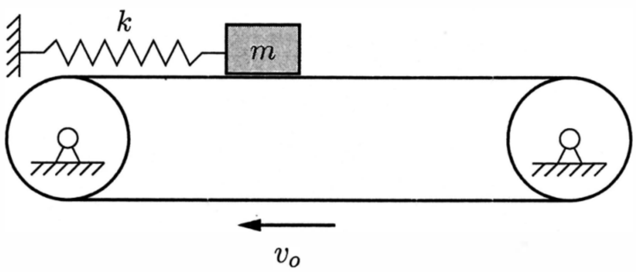
b) Untersuchen Sie die Stabilität für kleine Schwingungen um eine dieser Gleichgewichtslagen bei zunächst konstantem Reibmoment. Wie verhält sich die eingebrachte Störung?

c) Wie ändert sich das Stabilitätsverhalten für ein Reibmoment, welches mit steigender Gleitgeschwindigkeit langsam wächst oder langsam fällt?

Gegeben: $l, \dot{\varphi}_W, g, m, M_R$

Aufgabe 4 [Hausaufgabe]: Förderband

Ein „endloses" Band läuft mit der konstanten Geschwindigkeit v_o über zwei Rollen. Auf dem Förderband liegt ein Klotz der Masse m, der über eine Feder der Steifigkeit k an die Umgebung gefesselt ist. Die spannungslose Länge der Feder sei x_o. Zwischen Klotz und Unterlage wirkt eine stets der Relativgeschwindigkeit $\vec{v}_{rel} = \vec{v}_o - \dot{\vec{x}}$ entgegengerichtete, betragsmäßig konstante Reibkraft $\vec{F}_R$.



(a) Berechnen Sie die stationäre Lösung (Hier: Gleichgewichtslage)!

(b) Welche Lösung stellt sich bei kleinen Störungen der Gleichgewichtslage ein? Wie hängen diese Schwingungen von der Reibkraft ab? Welche Bedingung muß die Störung erfüllen, damit die lineare Differentialgleichung gilt?
Die Anfangsbedingungen der Störung seien $\delta x\,(0) = \delta x_o$ und $\delta \dot{x}\,(0) = \delta v_o$.