

Experimentalphysik I

Wintersemester 2010/2011

Prof. Dr. Andreas Zilges / Dr. K.O. Zell / J. Endres / A. Sauerwein



11. Übungsblatt

Ausgabe: Montag, 17. Januar 2011 (in den Übungen)

Abgabe: Die Aufgaben werden in der Übung bearbeitet und besprochen, keine Abgabe

Aufgaben zur Bearbeitung am 17. Januar 2011:
(keine schriftliche Abgabe, keine Bewertung mit Punkten)

(11.1)

Leiten Sie das Reflexionsgesetz „Einfallswinkel=Ausfallswinkel“ geometrisch her.

(11.2)

Ein Drehpendel besteht aus einem möglichst reibungsfrei gelagerten Drehkörper mit dem Trägheitsmoment I , der durch ein elastisches Element (z.B. eine Spiralfeder) in seiner Gleichgewichtslage gehalten wird.

Bei Auslenkung aus dieser Lage um einen Winkel α wirkt die Feder mit dem rücktreibenden, der Auslenkung proportionalen Drehmoment $M_D = -D^* \alpha$ (der Proportionalitätsfaktor D^* wird oft „*Richtmoment*“ genannt) auf den Drehkörper ein. Dessen Bewegung ist gedämpft infolge eines geschwindigkeitsabhängigen Bremsmoments M_R , das in vielen Fällen (z.B. bei Luftreibung) der Winkelgeschwindigkeit proportional ist: $M_R = -\rho \, d\alpha/dt$. Das einmal angestoßene Pendel vollführt gedämpfte *freie* Schwingungen.

Wirkt von außen ein zusätzliches äußeres Drehmoment M_a , das sich periodisch mit der Zeit ändert ($M_a = \hat{M}_a \cos \omega_a t$), so wird das Pendel zu erzwungenen Schwingungen angeregt, die nach Abklingen eines komplizierten Einschwingvorgangs mit der Kreisfrequenz ω_a des äußeren Momentes erfolgen.

a) Stellen Sie die Schwingungsdifferentialgleichung für das Drehpendel für den allgemeinen Fall auf.

b) Betrachten Sie den Fall einer ungedämpften freien Schwingung ($\rho=0$, $M_a=0$). Lösen Sie die Differentialgleichung für diesen Fall. Welche Bedingung für die Kreisfrequenz muss erfüllt sein? Wie groß ist die Schwingungsdauer T_0 ?

c) Für die gedämpfte freie Schwingung gilt $\rho>0$, $M_a=0$. Lösen Sie auch für diesen Fall die Differentialgleichung. Benutzen Sie die Dämpfungskonstante $\beta = \frac{\rho}{2I}$ und die Eigenkreisfrequenz $\omega_e^2 = \omega_0^2 - \beta^2$. Skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf einer gedämpften freien Schwingung.

d) Betrachten Sie nun die erzwungene Schwingung ($\rho>0$, $M_a>0$). Welchen Wert erhalten Sie für die Amplitude und die Phasenverschiebung?

Hinweis: Benutzen Sie die Anfangsbedingung: $\alpha(0) = \alpha_0$ und $\left. \frac{d\alpha}{dt} \right|_{t=0} = 0$.