Dr. Karin Olt | **Technische Physik II** | SS 2003
BaMa | **für den Studiengang Informationstechnik** | TIT02A

Übung 1

1. Ein Mensch steht auf einer Personenwaage, die sich auf einer Plattform befindet. Die Plattform vollführt harmonische Schwingungen in vertikaler Richtung. Wie verändert sich die Anzeige der Waage während einer Schwingungsperiode?

2. Eine Masse m hängt an einer Schraubenfeder und vollführt harmonische Schwingungen mit einer Periode von 2 s. Wenn man <u>zusätzlich</u> eine Masse von 2 kg anhängt, beträgt die Schwingungsperiode 3 s. Wie groß ist die ursprüngliche Masse m ?

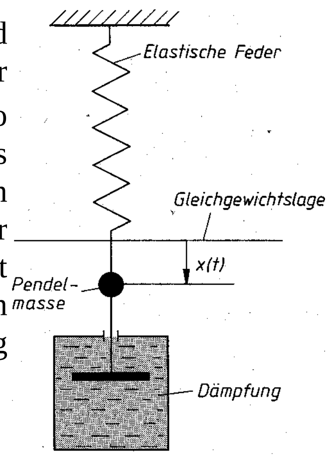
3. Ein (mathematisches) Fadenpendel der Länge $l = 1$ m vollführt an einem bestimmten Ort in 204 s 100 vollständige Schwingungen. Wie groß ist die Fallbeschleunigung g an diesem Ort?

4. Im Schattenwurf misst man die Amplitude $\hat{y}$ der 1., 50., 100.,… Schwingung mit der Periodendauer $T = 0{,}8\,\text{s}$.

n	1	50	100	150	200	250	300
$\hat{y}$ / cm	5,0	4,0	3,2	2,6	2,2	1,7	1,4

   a) Ermitteln Sie aus der Darstellung auf halblogarithmischem Papier die Dämpfung.
   b) Bestimmen Sie aus den Versuchsdaten die Halbwertszeit der Schwingung. (Das ist die Zeit, nach der die Amplitude auf die Hälfte abfällt).

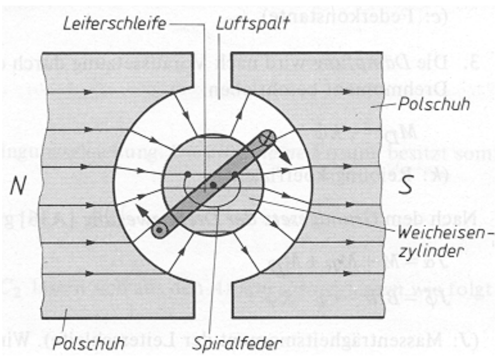
5. Das skizzierte schwingungsfähige mechanische System, bestehend aus einer Masse $m = 0{,}5\,\text{kg}$ und einer elastischen Feder mit der Federkonstanten $k = 128\,\text{N/m}$, wird in einer zähen Flüssigkeit so stark gedämpft, dass gerade der aperiodische Grenzfall eintritt. Das System ist daher infolge zu großer Energieverluste zu keiner echten Schwingung mehr fähig. Das Weg–Zeit-Gesetz dieser Kriechbewegung lässt sich dabei, wenn die Bewegung zur Zeit $t = 0$ s aus der Ruhe heraus mit einer anfänglichen Auslenkung von $x(0) = 20\,\text{cm}$ beginnt, durch die folgende Funktionsgleichung beschreiben:



$$x(t) = \left(320\,\frac{\text{cm}}{\text{s}} \cdot t + 20\,\text{cm}\right) \cdot e^{-\frac{16}{\text{s}}t}, \quad t \geq 0\,\text{s}.$$

   Skizzieren Sie diese aperiodische Schwingung im Zeitintervall $0 \leq \frac{t}{\text{s}} \leq 0{,}4$ (Schrittweite: $\Delta t = 0{,}02\,\text{s}$).

6. Die Abbildung zeigt den prinzipiellen Aufbau eines Drehspulinstrumentes zur Messung von Gleichstrom. Das Magnetfeld im Luftspalt zwischen den äußeren Polschuhen und dem inneren (festgehaltenen) Weicheisenzylinder verläuft nahezu radial und die magnetische Flussdichte B darf in diesem Spalt als konstant angenommen werden. Um den Zylinder ist eine rechteckige Leiterschleife drehbar gelagert (Länge l; Breite $2r$). Sie wird durch eine Spiralfeder in einer Ruhestellung gehalten. Fließt ein konstanter Messstrom I durch die Leiterschleife, so erfährt diese im Magnetfeld eine Kraft F



und somit ein Drehmoment M. Das System ist so stark gedämpft, dass der mit der Drehachse starr verbundene Zeiger asymptotisch seiner Endlage zustrebt (Drehung um den Winkel φ aus der Ruhelage $\varphi = 0$).

a) Durch welche Differentialgleichung wird diese Bewegung beschrieben?

Hinweise: Ein vom Strom I durchflossener Leiter der (gerichteten) Länge $\vec{l}$ erfährt in einem Magnetfeld mit der magnetischen Flussdichte B die Kraft $\vec{F} = I\left(\vec{l} \times \vec{B}\right)$.

Das Drehmoment $\vec{M}$ einer Kraft die in einem Punkt mit Ortsvektor $\vec{r}$ angreift, ist $\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$.

Zusammenhang zwischen resultierendem Drehmoment M_{res} und Winkelbeschleunigung $\ddot{\varphi}$: $M_{\text{res}} = J \cdot \ddot{\varphi}$,

J = Massenträgheitsmoment der Leiterschleife.

Das Rückstellmoment der Spiralfeder ist dem Drehwinkel φ proportional (Federkonstante c). Die Dämpfung wird durch ein der Winkelgeschwindigkeit $\dot{\varphi}$ proportionales Drehmoment beschrieben (Reibungskoeffizient β).

b) Rechnen Sie folgende Beziehungen nach:

Der konstante Stromfluss der Stromstärke I erzeugt auf die Leiterschleife ein Drehmoment $M_I = r \cdot l \cdot B \cdot I$.

Der Ansatz $\varphi(t) = A \cdot e^{\lambda t} + \varphi_I$ erfüllt die DGL. Wir wählen jetzt einen exponentiellen Ansatz, da die Dämpfung so groß sein soll, dass keine Schwingung stattfindet. Mit diesem Ansatz ergibt sich

$$\varphi_I = \frac{M_I}{c} = \frac{rlBI}{c},$$

$$\lambda_{1,2} = -\frac{\beta}{2J} \pm \sqrt{\frac{\beta^2}{4J^2} - \frac{c}{J}}$$

(Wir haben eine „aperiodische Schwingung“, d.h. $\frac{\beta^2}{4J^2} - \frac{c}{J} > 0$.)

Da beide λ die DGL erfüllen, lautet die allgemeine Lösung: $\varphi(t) = A_1 e^{\lambda_1 t} + A_2 e^{\lambda_2 t} + \varphi_I$.

Zur Vereinfachung setzen Sie $\frac{\beta}{2J} =: \delta$, $\sqrt{\frac{\beta^2}{4J^2} - \frac{c}{J}} =: \mu$.

Jetzt müsste Ihr Ansatz so aussehen: $\varphi(t) = A_1 \cdot e^{-(\delta-\mu)t} + A_2 \cdot e^{-(\delta+\mu)t} + \varphi_I$.

c) Wie lautet die Lösung der DGL für die Anfangswerte $\varphi(0) = 0$, $\dot{\varphi}(0) = 0$? D.h. bestimmen Sie mit diesen Anfangsbedingungen die Variablen A_1 und A_2! Zeichnen Sie die Funktion $\varphi(t)$ für verschiedene Dämpfungen β!