Mechanik:

Federpendel

Aufgabenstellung:

Die Federkonstante *D* von Schraubenfedern wird einerseits statisch durch die Ausdehnung Δl der Feder durch eine angelegte Kraft *F*

$$F = D\,\Delta l$$

und andererseits dynamisch aus der Periodendauer *T* der harmonischen Schwingung einer massebehafteten Feder

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m_{\mathrm{ges,t}} + m_{\mathrm{f,eff}}}{D}}$$

bestimmt.

Experimentelle Vorgangsweise:

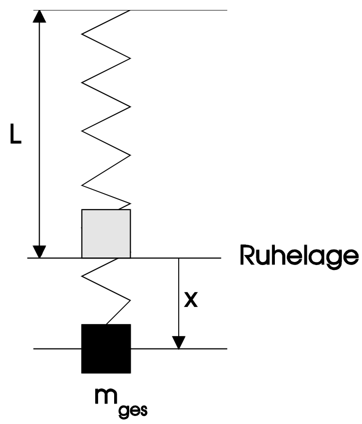

Abb. 1: Schematische Darstellung des Federpendels

- Zuerst wird die Waage exakt austariert.
- Dann wird die Masse m_k der vier Probekörper, die Masse m_f der beiden Federn und die Masse m_t der Trägerschale durch Wägung bestimmt.

1. Zur statischen Bestimmung der Federkonstante *D* wird die Ausdehnung Δl der jeweiligen Federn als Funktion von 4 verschiedenen, aufgelegten Massen $m_{\mathrm{ges},0} = \sum m_k$ (wobei $\sum m_k = m_1$ oder $m_1 + m_2$ oder usw...) bestimmt. Die Ausgangslage der Feder (Nullpunkt, bei $m_{\mathrm{ges},0} = 0$ -> $\Delta l = 0$ gesetzt, warum?) ist gegeben durch die untere Kante der aufgehängten Trägerschale.
2. Zur dynamischen Bestimmung der Federkonstante *D* und der effektiven Federmasse $m_{\mathrm{f,eff}} = m_f/3$ wird die Eigenschwingungsdauer *T* der jeweiligen Pendel für 4 verschiedene Massen $m_{\mathrm{ges,t}} = m_t + \sum m_k$ ($\sum m_k = m_1$ oder $m_1 + m_2$ oder usw...) ermittelt, indem jeweils 30 Perioden *T* mit der Stoppuhr gemessen werden. Zur Erinnerung und zum Vergleich, für eine masselosen Feder gilt $T = 2\pi\sqrt{\frac{m_{\mathrm{ges,t}}}{D}}$

Auswertung:

Zu 1): Für die Feder wird die Ausdehnung *x* der Feder als Funktion der Gewichtskraft $G = m_{\mathrm{ges},0}\, g$ aufgezeichnet und aus der Steigung der Gerade mittels linearer Regression die Werte der Federkonstanten *D* und ihrer Unsicherheiten ΔD bestimmt (siehe *Physikalische Grundlagen der Messtechnik* Teil 3)
Achtung: $D = 1$ / Steigung, warum?

Zu 2): Für die Feder wird das Quadrat der Schwingungsdauer (T^2) als Funktion der schwingenden Gesamtmasse $m_{\mathrm{ges,t}}$ aufgetragen. Aus der (linearen) Darstellung wird die Federkonstante D aus der Steigung der Gerade und die Federmasse m_{f} mit Hilfe des Schnittpunkts der Geraden mit der Ordinate berechnet (siehe auch *Physikalische Grundlagen der Messtechnik* Teil 3).

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{D} m_{\mathrm{ges,t}} + \frac{4\pi^2}{D} m_{\mathrm{f,eff}} \quad \Leftrightarrow \quad y = a_1 x + a_0$$

Dieser Wert wird mit dem Wert aus der Wägung verglichen. Die Meßfehler sind abzuschätzen und die Ergebnisse sind zu diskutieren.

Vorbereitung:

- H. Tritthart: *Medizinische Physik und Biophysik*, 2001, Schattauer GmbH Stuttgart
  - 1.1 Direkte und indirekte physikalische Messungen; 1.3 SI-System; 1.3.5 Vektor und Skalar; 1.3.7 Masse; 1.3.8 Kraft; 1.4 Meßfehler; 1.6 Darstellung von Messwerten; 2.1 Statik und Dynamik; 2.1.1 Newton’sche Axiome; 2.1.4 Arbeit, Energie, Leistung; 2.1.5 Krafteinwirkungen auf Körper; Hooke-Gesetz; 2.1.6 Schwingungen und Wellen

- W. Hellenthal: *Physik für Mediziner und Biologen*, 7. Auflage 2002, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft
  - Kap. 2.1.9 Harmonische Vorgänge; Kap. 3.1.1 Elastische Deformation; Kap. 3.1.2 Plastische Deformation; Kap. 5.1.1 Periodische Vorgänge; Kap. 5.1.2 Oszillatoren; Kap. 5.1.3 Gedämpfte und ungedämpfte Schwingungen

- Trautwein, Kreibig, Oberhauser, Hüttermann: *Physik für Mediziner, Biologen, Pharmazeuten*, 5. Auflage 2000, Walter de Gruyter
  - Kap. 2.2.5 Dynamometer (Kraft einer gespannten Feder); Kap. 3.2 Energieformen; Kap. 5.2.2 Verformung von festen Körpern unter Einfluß von Kräften; Kap. 6. Schwingungen; 6.1 Pendel als mechanisches schwingungsfähiges System; Kap. 6.2 Differentialgleichung der ungedämpften Schwingung; Kap. 6.3 Gedämpfte Schwingung.

- Skriptum *Physikalische Grundlagen der Messtechnik*, Teil 1, 3 und Teil 6.