



Aufgabenstellung

Das Wissen über physikalische Pendel und Schwingungen soll durch diesen Versuch vertieft werden. Messen Sie die Schwebungsfrequenz der gekoppelten Pendel als Funktion der Kopplungslänge direkt und indirekt. Die Messergebnisse sind mit den theoretisch berechneten Werten zu vergleichen.

Hinweise zur Versuchsdurchführung

1. Nehmen Sie das *Cassy-Messsystem* in Betrieb. (Nutzer: Praktikum, Passwort: Physik\$\$\$)
2. *ungekoppeltes Pendel*: Überprüfen Sie die Schwingungsdauern der einzelnen Pendel über 100 Schwingungen. Entfernen Sie die Feder komplett für diese Messung, damit der Einfluss der Masse der Feder entfällt. Bei Abweichungen die verstellbare Pendelmasse nach Rücksprache mit dem Betreuer verschieben.
3. *gekoppeltes Pendel*: Messen Sie für *drei* verschiedene Koppellängen l mit Hilfe des Cassy-Systems:
 - a) die Schwebungsdauer τ (Gesamtzeit t_S für 5 bis 10 Schwebungen messen)
 - b) Schwingungsdauer T der gleichsinnigen Fundamentalschwingung (Gesamtzeit t_{50} für 50 Schwingungen messen)
 - c) Schwingungsdauer T' der gegensinnigen Fundamentalschwingung (Gesamtzeit t'_{50} für 50 Schwingungen messen)

Hinweis zur Durchführung: Bringen Sie die Koppelfedern sorgfältig so an, dass die Pendelspitzenlager nicht in der Führung über der Hallsonde bewegt werden und immer an den durch Ringmarken gekennzeichneten Positionen verbleiben.

4. Messen Sie die Federkonstante k der Kopplungsfeder mittels dynamischer Methode.

Hinweis zur Durchführung: Verwenden Sie eine hinreichend große Masse. Dabei darf die Feder allerdings nicht zu weit gedehnt werden, da sich die Federkonstante bei großen Auslenkungen (u. U. bleibend) ändert.

Zur Benutzung des Cassy-Messsystems

- Überprüfung der Schwingungsdauern: Wählen Sie im Cassy-Datenerfassungsprogramm eine geeignete Achseneinteilung für die Hallspannung (z. B. zwischen $-0,5$ und $0,5$ V). Stellen Sie mit Hilfe des Offsetreglers an den Hallsonden für die Ruhelage der Pendel etwa 0 V ein. Die Datenaufnahme sollte zunächst bei $0,1$ s liegen. Arbeiten Sie immer im Modus „Automatische Aufnahme“.
- Bestimmung der Schwebungsdauer: Bei sehr kleinen Schwebungsdauern ist das Zeitintervall der Datenaufnahmen auf $0,05$ s zu reduzieren.
- Zur Ermittlung der Zeiten t_S , t_{50} und t'_{50} : Entweder lesen Sie die Zeiten aus der tabellarischen Darstellung der Hallspannungen ab, oder Sie nutzen das Messtool „Markierung

Messplatz	Hallsondennummer	m/kg	s_A/cm	l/cm
a	026 & 030	$1,322 \pm 0,005$	$87,0 \pm 0,5$	$28,0 \pm 0,2$
b	023 & 025	$1,316 \pm 0,005$	$87,2 \pm 0,5$	$52,8 \pm 0,2$
c	027 & 022	$1,310 \pm 0,005$	$87,2 \pm 0,5$	$77,8 \pm 0,2$
d	028 & 024	$1,318 \pm 0,005$	$87,1 \pm 0,5$	

Tabelle 1: Parameter für die einzelnen Messplätze und Koppellängen an den drei Ringmarken

setzen – Differenz Messen“. Es besteht auch die Möglichkeit, die Aufzeichnung der Daten per Trigger zu starten.

Auswertung

- Drucken Sie die erhaltenen Messdiagramme für die gleichsinnige bzw. die gegensinnige Fundamentalschwingung und für die Schwebung jeweils zur *größten* Koppellänge l mit der entsprechenden Beschriftung (**Alt+T**) aus.
- Berechnen Sie die Schwebungsfrequenz:
 - $f_{S,1}$: *direkt* aus der der Schwebungsdauer τ
 - $f_{S,2}$: *indirekt* aus den Schwingungsdauern der beiden Fundamentalschwingungen T und T'
 - $f_{S,3}$: *theoretisch* aus der Federkonstante k und den Parametern des Versuchplatzes (s. Tab. 1)

$$f_{S,1/2/3} = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{T'} - \frac{1}{T} = \frac{1}{T} \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{2 \cdot k \cdot l^2}{m \cdot g \cdot s_A}} - 1 \right)$$

- Stellen Sie die mit den drei verschiedenen Methoden ermittelten Schwebungsfrequenzen (einschließlich Messunsicherheiten) in einem *gemeinsamen* Diagramm dar.
- Geben Sie für alle drei Methoden die *relativen* Gesamtunsicherheiten an.

Hinweise für das Protokoll

(a) Bestimmung der Federkonstante

m/g	$T_{100,\text{Feder}}/\text{s}$	$T_{\text{Feder}}/\text{s}$	$k/\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$
⋮	⋮	⋮	⋮

(b) Bestimmung der Schwebungsfrequenz

l/cm	t_{50}/s	T/s	t'_{50}/s	T'/s	t_S/s	τ/s	$f_{S,1}/\text{Hz}$	$f_{S,2}/\text{Hz}$	$f_{S,3}/\text{Hz}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Tabelle 2: Empfohlene Tabellen für das Protokoll