

Mechanik

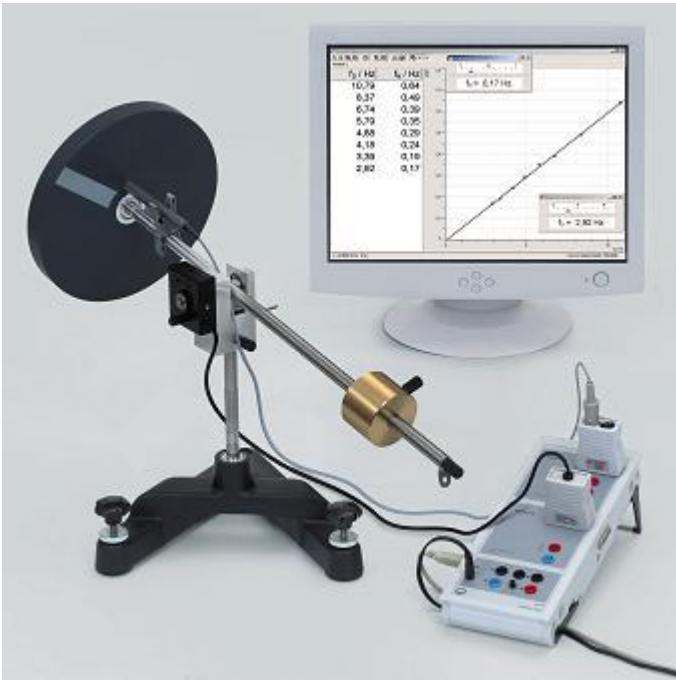
Rotationsbewegungen des starren Körpers
Kreiselbewegungen

Nutation des Kreisels

Beschreibung aus CASSY Lab 2

Zum Laden von Beispielen und
Einstellungen bitte die CASSY Lab 2-Hilfe
verwenden.

Nutation des Kreisels



 auch für [Pocket-CASSY](#) geeignet

Grundlagen

Im Versuch wird die Nutationsfrequenz f_N eines kräftefreien Kreisels in Abhängigkeit von der Drehfrequenz f_D der Kreiselscheibe untersucht.

Es gilt der Zusammenhang: $f_D = J_S/J_K \cdot f_N$

mit $J_S = \frac{1}{2}m \cdot r^2$: Trägheitsmoment der Kreiselscheibe um ihre Drehachse
und J_K : Trägheitsmoment des Kreisels um die Kreisellachse (Aufhängepunkt)

Das Trägheitsmoment des Kreisels J_K setzt sich im Wesentlichen aus den Trägheitsmomenten der Kreisellstange J_1 , der Kreiselscheibe J_2 und der Ausgleichsmasse J_3 jeweils um die Kreisellachse zusammen.

Für J_1 gilt mit Hilfe des Satzes von Steiner: $J_1 = m_{St}/12 \cdot l^2 + m_{St} \cdot s^2$,

mit l : Länge der Stange, m_{St} : Masse der Stange, s : Abstand der Kreisellachse vom Schwerpunkt (Mitte) der Stange.

Für J_2 gilt: $J_2 = m_{KS} \cdot a_{KS}^2$,

mit m_{KS} : Masse der Kreiselscheibe, a_{KS} : Abstand von der Kreisellachse.

Entsprechend wird J_3 berechnet (mit m_{AM} : Masse der Ausgleichsmasse).

Versuchsbeschreibung

Die Nutationsfrequenz wird mit dem Drehbewegungssensor bestimmt, der auf die Kreisellachse gesteckt wird. Dazu wird die Periodendauer T_N des vertikalen Anteils der Nutationsbewegung des Kreisels gemessen und daraus die Nutationsfrequenz $f_N = 1/T_N$ berechnet. Die Drehfrequenz wird mit der Reflexionslichtschranke bestimmt. Dazu wird die Periodendauer T_D der Drehbewegung der Kreiselscheibe gemessen und daraus die Drehfrequenz $f_D = 1/T_D$ berechnet.

Benötigte Geräte

1	Sensor-CASSY	524 010 oder 524 013
1	CASSY Lab 2	524 220
1	Drehbewegungssensor S	524 082
1	Timer S	524 074
1	Reflexionslichtschranke	337 468
1	Kreisel	348 20


- 1 Federklemme, doppelt
- 1 PC mit Windows XP/Vista/7/8

590 021

Versuchsaufbau (siehe Abbildung)

- Reflexionslichtschranke mit Hilfe der Federklemme etwa in einem Abstand von 1 cm vor der Kreiselscheibe anbringen.
- Drehbewegungssensor von der Seite auf die Kreiselachse stecken und mit der Rändelschraube festsetzen.
- Die Zuleitungskabel so verlegen, dass sie keine Kräfte auf den Kreisel ausüben und der Kreisel sich mindestens eine Umdrehung frei drehen kann.
- Ausgleichsmasse verschieben, so dass sich der Kreisel im Gleichgewicht befindet, d. h. kräftefrei ist.

Versuchsdurchführung

- Einstellungen laden
- Test der richtigen Einstellung der Reflexionslichtschranke
Kreiselscheibe mit der Hand andrehen. Die Drehfrequenz sollte angezeigt werden (ca. 1 Hz). Gegebenenfalls die Reflexionslichtschranke etwas verschieben.
- Test der richtigen Einstellung des Drehbewegungssensors
Kreisel gleichmäßig um die Kreiselachse auf und ab bewegen. Die Nutationsfrequenz sollte angezeigt werden (ca. 1 Hz).
- Kreiselscheibe mit einer Schnur kräftig andrehen. Die maximale Drehfrequenz beträgt ca. 10 Hz.
- Den Kreisel einem leichten Stoß in Nutation versetzen.
- Messwert mit  aufnehmen.
- Bei langsam abnehmender Drehfrequenz den Kreisel wiederholt in Nutation versetzen und Messwerte aufnehmen. Gegebenenfalls die Kreiselscheibe etwas abbremsen.

Auswertung

In der Darstellung der Abhängigkeit der Nutationsfrequenz f_N von der Drehfrequenz f_D ergibt sich eine Gerade, d. h. es gilt $f_N \propto f_D$. Der Anstieg der Geraden ist der Proportionalitätsfaktor J_S/J_K , im Beispiel ist $J_S/J_K = 0,0659$.

Mit den abgeschätzten Trägheitsmomenten (unter der vereinfachten Annahme einer homogenen und punktförmigen Verteilung der Masse)

$$J_S = \frac{1}{2}m \cdot r^2 \approx 0,010 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (\text{mit } m = 1,54 \text{ kg, } r = 11,5 \text{ cm})$$

$$J_1 = m_{St}/12 \cdot l^2 + m_{St} \cdot s^2 \approx 0,056 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (\text{mit } m_{St} = 0,50 \text{ kg, } l = 57 \text{ cm, } s = 6,6 \text{ cm})$$

$$J_2 = m_{KS} \cdot a_{KS}^2 \approx 0,056 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (\text{mit } m_{KS} = 1,54 \text{ kg, } a_{KS} = 19 \text{ cm})$$

$$J_3 = m_{AM} \cdot a_{AM}^2 \approx 0,063 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (\text{mit } m_{AM} = 1 \text{ kg, } a_{AM} = 25 \text{ cm})$$

$$J_K = J_1 + J_2 + J_3 \approx 0,136 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

ergibt sich $J_S/J_K \approx 0,074$.