

Dieser Versuch soll Ihnen ein Verständnis für die Bewegungsformen rotierender starrer Körper vermitteln. Im ersten Teil des Versuchs haben Sie die Gelegenheit, sich eingehend mit dem Erhaltungssatz für den Drehimpuls auseinanderzusetzen. Im zweiten Teil beobachten Sie anhand eines kardanischn gelagerten Kreisels die unterschiedlichen Bewegungsformen des starren Körpers und deuten diese mit Hilfe der Theorie. Als wichtige technische Anwendung der Kreiselgesetze wird Ihnen der Kreiselkompaß im Modell vorgestellt.

Eine Zusammenfassung des notwendigen theoretischen Hintergrundes zu diesem Versuch sowie besondere Hinweise zur Durchführung der folgenden Aufgaben werden Ihnen in einer Vorbereitungshilfe zu diesem Versuch gegeben.

Beachten Sie die Gefährlichkeit des rotierenden Kreisels! Langes Haar muss gesichert werden (Kopftuch, Stirnband o.ä.)!

Hinweise:

Den Antriebsmotor für den Kreisel immer im Rechtslauf und im Drehzahlbereich $0-3500 \text{ min}^{-1}$ betreiben und vor jedem Kreiselanwurf die Drehzahl auf Null zurückstellen! Vergewissern Sie sich vor jedem Kreiselanwurf, daß die biegsame Welle am Motorflansch fest aufsitzt und daß sie möglichst wenig gebogen ist. Sorgen Sie durch geeignetes Andrücken für einen guten mechanischen Kontakt der Sägezahnkupplung. Wenn Sie die biegsame Welle nicht benötigen, lagern Sie diese bitte in gestreckter Haltung.

Beachten Sie:

Der Kreisel ist sehr teuer und empfindlich - behandeln Sie ihn mit Sorgfalt. Zum abbremfen des Kreisels niemals „grobe Hebel“ ansetzen, sondern nur mit den Lappen an der Welle zupacken. Der Kreiselkörper ist tabu.

Aufgaben:

- 1. Die Drehimpulserhaltung.** Überlegen Sie sich Versuche zur Demonstration der Drehimpulserhaltung anhand eines Drehschemels und eines Fahrradkreisels (Fahrradfelge mit Bleieinlage und Handgriffen an der Achse). Führen Sie diese Versuche durch.
- 2. Freie Achsen.** In den Mittelpunkten der Seitenflächen einer 'Zigarrenkiste' sind Ösen angebracht. Hängen Sie die Kiste an jeweils einer dieser Ösen mit einem Draht an die Achse eines Elektromotors. Beobachten Sie das Verhalten der Kiste, wenn sie in Rotation versetzt wird. Deuten Sie Ihre Beobachtungen.
- 3. Der kräftefreie Kreisel.** Messen Sie die **Nutationsfrequenz** des symmetrischen Kreisels in Abhängigkeit von der Drehfrequenz um die Figurenachse. Wiederholen Sie diese Messung nach Anbringen der zylindrischen Zusatzgewichte an den äußeren Kardanrahmen. Tragen Sie die gemessenen Werte in einem Diagramm auf.
- 4. Die Dämpfung des Kreisels.** Bestimmen Sie die Winkelgeschwindigkeit des Kreisels um die Figurenachse als Funktion der Zeit. Tragen Sie die gemessenen Werte in einem Diagramm auf.
- 5. Der Kreisel unter dem Einfluß äußerer Drehmomente.** Messen Sie beim nutationsfreien, symmetrischen Kreisel die Präzessionsfrequenz in Abhängigkeit von der Drehfrequenz um die Figurenachse. Schrauben Sie dazu einen Metallstab als Gewicht einseitig auf die Figurenachse. Tragen Sie die gemessenen Werte in einem Diagramm auf.
- 6. Die Hauptträgheitsmomente.** Berechnen Sie aus den gemessenen Präzessions- und Nutationsfrequenzen die Hauptträgheitsmomente des symmetrischen Kreisels unter Berücksichtigung der zusätzlichen Trägheitsmomente der Kardanrahmen. Geben Sie eine Abschätzung für die Masse des Rotors an.

7. Der Kreisel im beschleunigten Bezugssystem. Für diesen Versuchsteil steht ein Kreisel zur Verfügung, dessen Standfläche sich kippen lässt. Der innere Kardanrahmen ist mittels der Arretierfedern an die Horizontalebene „gefesselt“. Weshalb die Kippung? Beobachten und deuten Sie die Bewegung der Figurenachse nach Handanwurf des Kreisels und anschließendem Einschalten der Drehtischrotation.

Angaben:

Massen:

m (zyl. Gewicht) = (1000 ± 1) g pro Stück

aufschraubbarer Stab (330 ± 1) g mit verschiebbarem Gewicht (375 ± 1) g

Strecken:

Kreiselschwerpunkt - aufgeschraubtes zylindrisches Gewicht: (14.9 ± 0.1) cm

Durchmesser des zylindrischen Gewichtes: (4.00 ± 0.01) cm

Kreiselschwerpunkt - äußerer Rand des inneren Kardanrahmens: (10.91 ± 0.03) cm

Durchmesser des Rotors: (13.50 ± 0.01) cm

Fehlerrechnung:

Zu Aufgabe 6 kann im Rahmen der obligatorischen Fehlerrechnungen im P2 und nach Absprache mit dem Betreuer eine ausführliche Fehlerrechnung durchgeführt werden.

Zubehör:

Drehstuhl und Fahrradkreisel,

Körper in Form einer Zigarrenkiste mit Ösen zum Aufhängen an den drei verschiedenen Seiten und Antriebsmotor dazu,

Kreisel in kardanischer Aufhängung mit diversen Zusatzteilen,

Antriebsmotor für den Kreisel mit biegsamer Welle und Motorsteuerung,

Drehtisch mit Antriebsmotor,

Holzkeil für den geeigneten Aufbau des Kreisels auf dem Drehtisch,

2 schwanenhalsgelagerte Photosensoren (mit integrierter Lichtquelle),

2 Frequenzzähler (Hameg HM8021-4),

Stoppuhr

Literatur:

Budo: *Theoretische Mechanik*, Par. 51, 58

Müller-Pouillet: *Mechanik punktförmiger Massen*, 1929, Bd. 1, Teil 1, Kap. 6, Par. 5--7, 9

Falk-Ruppel: *Mechanik Relativität Gravitation*, Par. 27

Bergmann-Schäfer: *Lehrbuch der Experimentalphysik*, Bd. 1, Par. 39

Pohl: *Mechanik, Akustik und Wärmelehre*, Par. 51, 52, 55, 56

Magnus: *Kreisel, Theorie und Anwendungen*

Grammel: *Der Kreisel, seine Theorie und seine Anwendungen*, 1950, Bd. 1 & 2

Goldstein: *Klassische Mechanik*, Kap. 5