



Material:

Art.-Nr.	Anz.	Bezeichnung
DM354-1K	1	Kreisel, 1000 g, Gerätesatz

Allgemeine Eigenschaft eines freien Kreisels

Unter einem *freien Kreisel* versteht man einen symmetrischen Kreisel, der so gelagert bzw. aufgehängt ist, dass auf ihn keine Kräfte wirken können. Um eine solche kräftefreie Lagerung bzw. Aufhängung zu realisieren, stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung. Einerseits die Lagerung eines speziell geformten Kreisels im Schwerpunkt und andererseits die kardanische Aufhängung eines Kreisels. Unser Kreisel hat eine kardanische Aufhängung.

Im Zubehör befindet sich eine Y-Aufhängung, mit deren Hilfe man den Kreisel kardanisch, also kräftefrei, aufhängen kann, um somit die Eigenschaften eines freien Kreisels zu zeigen.

Versuch 1:

Die Y-Aufhängung wird im Rundfuß befestigt.

Der Kreisel wird im Stativfuß angeworfen (siehe Gerätebeschreibung: Anwerfen des Kreisels).

Der rotierende Kreisel wird vorsichtig aus dem Stativfuß genommen und in die Y-Aufhängung eingesetzt.

Nun wird die Einheit (Fuß samt Y-Aufhängung und Kreisel) am Fuß genommen und beliebig durch den Raum bewegt. Dabei können mit der Aufhängung alle möglichen Translations- und Rotationsbewegungen gemacht werden.

Ergebnis:

Die Kreiselachse wird bei allen räumlichen Veränderungen der Aufhängung seine Lage bzw. Richtung im Raum beibehalten.

Hinweis:

Beim Durchführen dieses Versuches sollte man berücksichtigen, dass die Lager natürlich nicht reibungsfrei arbeiten. Das Lager in der Mitte der Y-Aufhängung ist zwar ein doppeltes Kugellager, trotzdem weist dieses bei manchen speziellen Lagen eine relativ große Reibung auf. Dies ist besonders der Fall, wenn die Achse dieses Lagers extrem geneigt ist, und somit das ganze Gewicht des Kreisels „auf diesem Doppellager hängt“. Damit diese Reibungseffekte die Demonstration des freien Kreisels nur wenig stören, kann man folgendes tun:

Beim Bewegen der Aufhängung nur sehr langsame und gleichmäßige Bewegung ausführen.

Solche Bewegungen, bei denen die Kreiselachse kurzfristig in dieselbe Richtung wie die Drehachse des Kunststofflagers an der Y-Aufhängung weist, sind zu vermeiden.

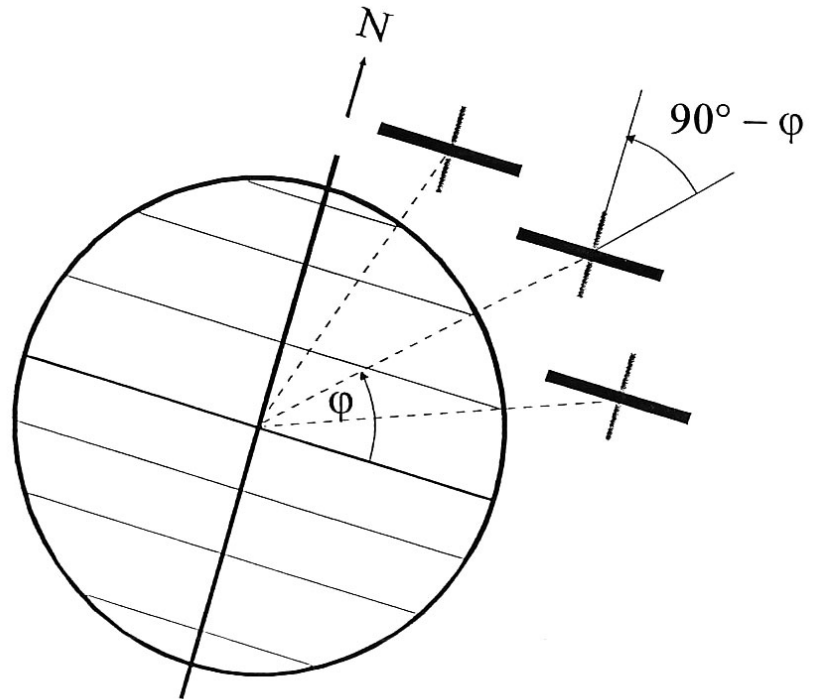
Physikalisch gesehen:

Diese gezeigte Eigenschaft des freien Kreisels beruht, wie die meisten Kreiselphänomene, auf der Erhaltung des Drehimpulses in einem abgeschlossenen System. Aufgrund der speziellen kräftefreien Aufhängung kann man den Kreisel in diesem Fall als ein abgeschlossenes System betrachten. Beim Drehimpuls handelt es sich um eine vektorielle Größe – er hat also Betrag und Richtung. Bleibt nun der Drehimpuls erhalten, so natürlich auch sein Betrag und seine Richtung. Daraus ergibt sich direkt das Beibehalten der Achsenrichtung des Kreisels bei der räumlichen Veränderung der Aufhängung.

Versuch 2 - Bestimmung der geographischen Breite:

Nachdem der Kreisel in Rotation versetzt worden ist, wird die Kreiselachse so eingestellt, dass sie parallel zur Erd- bzw. Globusachse gerichtet ist. Mit einem Lot und dem freien Kreisel lässt sich nun die jeweilige geographische Breite bestimmen.

Das Lot schließt mit der Kreiselachse einen Winkel ($90^\circ - \varphi$) ein, wenn sich der Kreisel (der Schwerpunkt des Kreisels) in der geographischen Breite φ befindet. Dieser Zusammenhang ist in der folgenden Zeichnung graphisch dargestellt.



Anwendung:

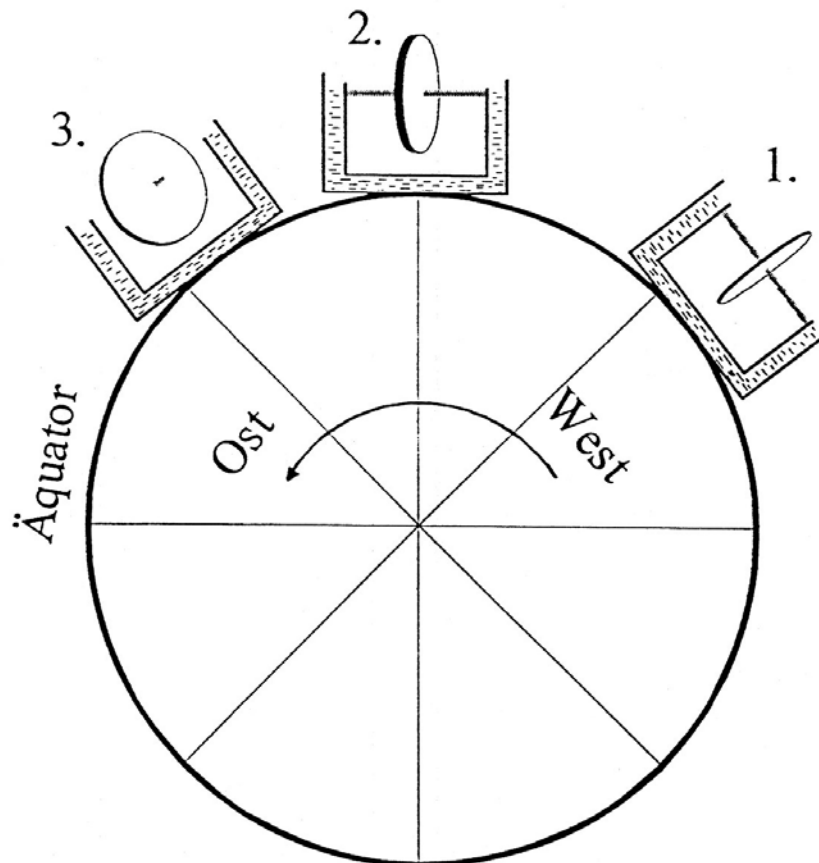
Diese Eigenschaft des freien Kreisels ist unentbehrlich in der Schifffahrt und im Flugverkehr. In einem so genannten Kreiselkompass befindet sich ein freier Kreisel, ähnlich dem, in dem beschriebenen Versuch verwendeten Kreisel. Zusätzlich befindet sich in einem solchen Kreiselkompass noch eine Menge von anderen mechanischen Teilen, die aber nur der besseren und vor allem präziseren technischen Umsetzung des freien Kreisels dienen. Im Prinzip funktioniert ein Kreiselkompass genau auf die, in dem Experiment gezeigte, Weise. Oft ist auch noch eine Vorrichtung integriert, die das direkte Ablesen der geographischen Breite ermöglicht.

Bleibt nur noch eine Frage: Wie kann man die Kreiselachse (speziell bei einem geschlossenen Kompassgehäuse) genau parallel zur Erdachse einstellen?

Diese Frage lässt sich leicht beantworten, wenn man sich einige Gedanken über die Erhaltung des Drehimpulses macht. Wie bereits am Anfang erwähnt, bleibt der Drehimpuls in einem abgeschlossenen System erhalten. Der Kreisel bzw. der Kreiselkompass kann hier aber nicht als abgeschlossenes System betrachtet werden, da er durch seine Aufhängung mit der Erde, die ein rotierendes Bezugssystem darstellt, verbunden ist. Die Rotation der Erde muss also Auswirkungen auf das Verhalten des Kreisels haben. Auf diesen Auswirkungen beruht eine recht verblüffende Eigenschaft eines entsprechend gelagerten freien Kreisels im Bezugssystem Erde: **Der Kreisel stellt sich von selbst so ein, dass seine Achse parallel zur Erdachse steht. Hat sich der Kreisel einmal so eingerichtet, bleibt er unverändert in dieser Lage.** Das bedeutet also, dass sich der Kreiselkompass von selbst kalibriert bzw. richtig einstellt.

Physikalisch gesehen:

Wieso der Kreisel in einem Kreiselkompass im Bezugssystem Erde sich von selbst so ausrichtet, dass seine Achse parallel zur Erdachse steht, wird anhand folgender Zeichnung erklärt.



Der Kreisel ist mit seiner Achse in einem Schwimmer montiert, sodass seine Achse immer horizontal ausgerichtet ist.

1. Die Kreiselachse ist am Äquator in West-Ost-Lage ausgerichtet.
2. Nach einer gewissen Zeit wird die Kreiselachse durch die Erdrotation gekippt. Aufgrund der Präzession des Kreisels (vergleiche Exp. 2) ändert sich die Achsenrichtung aber normal zu der Richtung, in der sich die Achse drehen sollte.
3. Aufgrund des anhaltenden Vorgangs, der in 2. Beschrieben ist, kommt der Kreisel einmal in die Stellung, in der die Kreiselachse parallel zur Erdachse steht. Einmal in dieser Stellung angekommen, ändert sich die Richtung der Kreiselachse nicht mehr, da kein, die Drehachse kippendes, Drehmoment mehr auftritt.