

SS2021

---

PPBphys1

---

# Protokoll KRE

---

Charlotte Geiger - Manuel Lippert - Leonard Schatt

---

Gruppe 4



# Informationen

<b>Versuchstag</b>	22. März 2021
<b>Versuchsplatz</b>	NWII   2.3.02.704
<b>Betreuer</b>	Michael Beckstein
<b>Gruppen Nr.</b>	4
<b>Auswertperson</b>	Manuel Lippert
<b>Messperson</b>	Leonard Schatt
<b>Protokollperson</b>	Charlotte Geiger

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Fragen zur Vorbereitung</b>	<b>6</b>
2.1	Trägheitsmoment $I$ eines Körpers . . . . .	6
2.2	Trägheitstensor $\mathbf{J}$ . . . . .	6
2.3	Trägheitstensor $\mathbf{J}_{\text{Rad}}$ eines nicht ausgewuchten Rades . . . . .	7
2.4	Lage der Achsen bei Nutation eines momentfreien Kreisels . . . . .	7
2.5	Präzessionsfrequenz eines Kreisels . . . . .	7
2.6	Kreiselkompass . . . . .	7
2.7	Senkrechte Ausrichtung eines in der Luft rotierenden Bierfilz . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Messprotokoll</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Auswertung und Diskussion</b>	<b>9</b>
4.1	Qualitative Beobachtung verschiedener Kreiselbewegungen . . . . .	9
4.2	Nutation . . . . .	9
4.3	Präzession . . . . .	9
<b>5</b>	<b>Fazit</b>	<b>10</b>
<b>A</b>	<b>Append A</b>	<b>11</b>
A.1	Teilanhang X . . . . .	11
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>12</b>



# 1 Einleitung

Ein Kreisel ist ein starrer Körper welcher um eine beliebige kräfte- und momentfreie Achse rotiert mit fester Lage im Raum. Dies wird mit einer Unterstützung der Achse in zwei Punkten durch Lager, welche i. Allg. durch Kräfte beansprucht werden, verwirklicht. Kreisel werden häufig in der Technik und im Alltag bei rotierenden Bauteilen in Maschinen verwendet, wobei die Form der Kreisel dabei beliebig sein kann, es aber von Vorteil ist, wenn dieser die Form eines rotationssymmetrischen Körpers annimmt.

In diesem Versuch wird qualitativ das Verhalten eines luftgelagerten, symmetrischen Kreisel (ohne wesentliche Reibung) bei verschiedene Kreiselbewegungen sowie die Reaktion auf äußere Kräfte untersucht. Dabei werden besonders die Figurenachse, Drehimpulsachse und momentane Drehachse eine wichtige Rolle bei der Beobachtung spielen. Des Weiteren wird quantitative die Nutation und Präzession des Kreisels betrachtet.

## 2 Fragen zur Vorbereitung

### 2.1 Trägheitsmoment $I$ eines Körpers

Das Trägheitsmoment  $I$  eines Körpers wird im Kontinuum anschaulich durch die Gleichung

$$I = \int_V \mathbf{r}_\perp^2 \rho(\mathbf{r}) dV \quad (2.1)$$

dargestellt und gibt die Trägheit eines starren Körpers gegenüber einer Winkelgeschwindigkeitsänderung bei einer Drehung um eine vorausgesetzte Achse an. Dabei ist  $\mathbf{r}_\perp$  der Ortsvektor, welcher senkrecht auf  $\omega$  steht und  $\rho(\mathbf{r})$  die Dichte des Körpers in Abhängigkeit zum Ortsvektor  $\mathbf{r}$ , wobei die Dichte  $\rho$  sich bei homogenen Körper aus dem Integral ziehen lässt, da diese in diesem Fall nicht mehr vom Ortsvektor  $\mathbf{r}$  abhängt.

Für einen starren Körper aus  $N$  Massepunkten der Masse  $m_i$  hat (2.1) die Form

$$I = \sum_{i=1}^N m_i r_{i,\perp}^2 \quad (2.2)$$

### 2.2 Trägheitstensor $\mathbf{J}$

Der Drehimpuls eines Körpers der Masse  $m$  ausgehend vom Ursprung des Koordinatensystems mit Ortsvektor  $\mathbf{r}$  und Geschwindigkeitsvektor  $\mathbf{v}$  ist angegeben durch die Gleichung

$$\mathbf{L} = m \mathbf{r} \times \mathbf{v} \quad (2.3)$$

Weiterhin gilt bei Rotation eines starren Körpers in einem beliebigen Koordinatensystem ein Zusammenhang zwischen Drehimpuls  $\mathbf{L}$  und Winkelgeschwindigkeit  $\mathbf{w}$  der Form

$$\mathbf{L} = \underline{\mathbf{J}} \mathbf{w} \quad (2.4)$$

*2.3 Trägheitstensor  $\mathbf{J}_{\text{Rad}}$  eines nicht ausgewuchten Rades*

**2.3 Trägheitstensor  $\mathbf{J}_{\text{Rad}}$  eines nicht ausgewuchten Rades**

**2.4 Lage der Achsen bei Nutation eines momentfreien Kreisels**

**2.5 Präzessionsfrequenz eines Kreisels**

**2.6 Kreiselkompass**

**2.7 Senkrechte Ausrichtung eines in der Luft rotierenden Bierfilz**

### **3 Messprotokoll**

Das Messprotokoll wurde am Versuchstag handschriftlich erstellt und hier als PDF-Datei eingefügt. Dabei wurden Durchführung und Aufbau schon vorher in dieses Dokument beschrieben, je nachdem.



## 4 Auswertung und Diskussion

### 4.1 Qualitative Beobachtung verschiedener Kreiselbewegungen

- Diskussion Beobachtung Stroboskop
- Bewegung Figurenachse im L-System und Drehimpulsachse bei Nutation
- Entspricht Bewegungsrichtung ihren Erwartungen
- Folge von  $J_1 \approx J_3$

### 4.2 Nutation

- Für jede Frequenz  $\frac{w_n}{w_3} = \frac{J_3 - J_1}{J_1} \Rightarrow$  Tabelle
- $\frac{w_n}{w_3}$  gegen  $w_3 \Rightarrow$  Zeichnung

### 4.3 Präzession

- Für jede Frequenz  $w_3 * w_p \Rightarrow$  Tabelle
- $w_3 * w_p$  gegen  $w_3 \Rightarrow$  Zeichnung + Erläuterung zur Beschaffung von  $w_3$
- Mit Gleichung (12) Berechnung von  $J_3$  (Zustandsgewicht vernachlässigbar)
- Mit (4.2) Berechnung von  $J_1$
- Größenordnung von  $J_1$  und  $J_3$  erwartet?

## **5 Fazit**

# **A Append A**

## **A.1 Teilanhang X**

# Literaturverzeichnis

- AGILENT 2006 *Benutzerhandbuch Agilent 34410A/11A, Multimeter mit 6<sup>1/2</sup> Stellen*, 3. Auflage.
- AHLERS, G. & REHBERG, I. 1986 Convection in a binary mixture heated from below. *Phys. Rev. Lett.* 56 (13), 1373–1376.
- DIERKING, I. 2003 *Textures of Liquid Crystals*, chap. 5, pp. 54–74. Weinheim: Wiley-VCH Verlag.
- GOBRECHT, H. 1978 *Bergmann–Schäfer, Lehrbuch der Experimentalphysik, Band III Optik*, 7. Auflage, pp. 418–419. Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- KHAZIMULLIN, M., MÜLLER, T., MESSLINGER, S., REHBERG, I., SCHÖPF, W., KREKHOV, A., PETTAU, R., KREGER, K. & SCHMIDT, H.-W. 2011 Gel formation in a mixture of a block copolymer and a nematic liquid crystal. *Phys. Rev. E* 84, 021710: 1–11.
- KHOO, I.-C. 2007 *Liquid Crystals*, 2nd edn. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
- KOPKA, H. 2000 *L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, Band 1 — Einführung*, 3. überarbeitete Auflage. München; Boston; San Francisco [u.a.]: Addison-Wesley Verlag.
- KRAMER, C. 2010 *Das magnetische Moment*. Bachelorarbeit, Universität Bayreuth.
- KRAMER, L. & PESCH, W. 1996 Electrohydrodynamic instabilities in nematic liquid crystals. In *Pattern Formation in Liquid Crystals* (eds. Á. Buka & L. Kramer), pp. 221–255. New York; Berlin; Heidelberg: Springer.
- LAFUENTE, Ö. 2005 *Thermoreversible Gele von isotropen und anisotropen Flüssigkeiten mit chiralen Organogelatoren*. Doktorarbeit, Universität Bayreuth.
- LAMPORT, L. 1995 *Das L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-Handbuch*. Bonn; Paris; Reading, Mass. [u.a.]: Addison-Wesley Verlag.
- L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 2011 Latex — A document preparation system. URL <http://www.latex-project.org/> – Zugriffsdatum: 10.05.2011.
- MADSEN, L. 2006 Avoid eqnarray. *The PracT<sub>E</sub>X Journal* 1 (4).
- MEARS, W. H., ROSENTHAL, E. & SINKA, J. V. 1969 Physical properties and virial coefficients of sulfur hexafluoride. *J. Phys. Chem.* 73 (7), 2254–2261.

MiKTeX 2011 MiKTeX Project Page. URL <http://www.miktex.org/> – Zugriffsdatum: 11.11.2011.

MÜLLER, T., PÖHLMANN, A. & MESSLINGER, S. 2011 Normalizing radial distribution functions on truncated regions. Internes Dokument, Experimentalphysik V, Universität Bayreuth.

REHBERG, I. 2011 Persönliche Mitteilung.

SCHÖPF, W. 1988 *Konvektion in binären Flüssigkeiten und multikritisches Verhalten in der Nähe des Kodimension-2-Punktes*. Diplomarbeit, Universität Bayreuth.

STIEB, A., BAUR, G. & MEIER, G. 1975 Alignment inversion walls in nematic liquid crystal layers deformed by an electric field. *J. Phy. (Paris) Colloq.* 36 (C1), 185.

TeXnicCenter 2011 TeXnicCenter — the Center of your L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X Universe. URL <http://www.texniccenter.org/> – Zugriffsdatum: 15.11.2011.