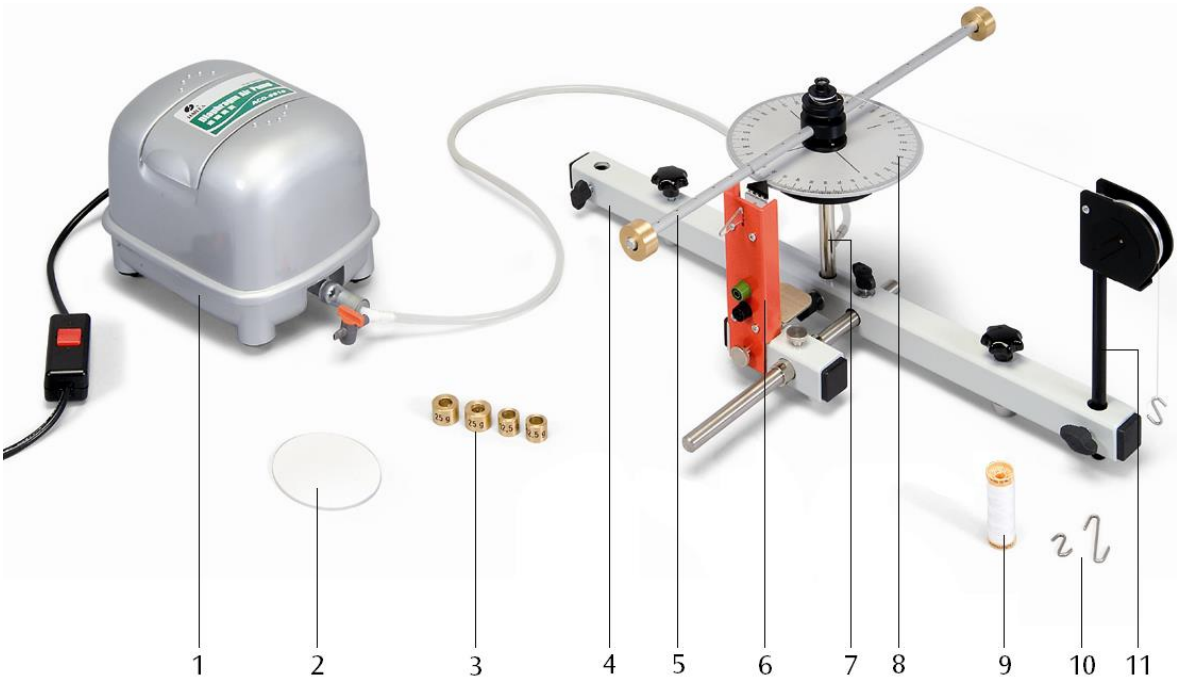
3B SCIENTIFIC® PHYSICS

Luftgelagertes Drehsystem

1000781 (115 V, 50/60 Hz)
1000782 (230 V, 50/60 Hz)

Bedienungsanleitung

09/15 ALF



1 Luftstromerzeuger
2 Nivellierscheibe
3 Zusatzmassen
4 Stativrohr, lang
5 Hantelstange
6 Start/Stopp-Einheit
7 Drehlagereinheit
8 Drehscheibe
9 Garnrolle
10 S-Haken
11 Umlenkrolle

1. Sicherheitshinweise

Das luftgelagerte Drehsystem ist ein empfindliches Gerätesystem.

- Drehscheibe und Drehlager vor mechanischen Beschädigungen schützen.
- Das Gerätesystem vor Schmutz, Staub und Flüssigkeiten schützen.

Bei Verwendung des Laserreflexsensors sind die entsprechenden Vorschriften zum Einsatz von Lasern zu beachten.

- Nicht in den Laserstrahl blicken.

2. Beschreibung

Das luftgelagerte Drehsystem ist ein Gerätesystem zur Untersuchung reibungsfreier Drehbewegungen zu folgenden Themen:

- Gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Drehbewegungen
- Newton'sche Bewegungsgleichungen bei Drehbewegungen
- Trägheitsmoment und Drehmoment

Das Gerätesystem eignet sich sowohl zur anschaulichen Demonstration, als auch zur Erarbei-

tung der physikalischen Gesetze der Kinematik und Dynamik in Schülerübungen und Praktika.

Eine kleine Drehscheibe mit Winkelskala trägt eine Querstange (Hantelstange) zur Halterung von Massen. Die Drehscheibe lagert auf einem Luftpolster und erlaubt so fast reibungsfreie Drehbewegungen, wobei die Drehachse durch eine Zentrierung vorgegeben ist. Über eine Umlenkrolle und eine Stufenrolle wird mit einer Schnur das Gewicht der eingehakten Antriebsmasse übertragen.

Dank der Reibungsarmut reichen sehr geringe Drehmomente zum Auslösen der Drehbewegungen, so dass der Einfluss der Trägheit der beschleunigenden Masse auch beim kleinsten Trägheitsmoment des Systems unter einem Promille liegt. Außerdem können die sich über mehrere Sekunden erstreckenden Drehbewegungen mühelos mit bloßem Auge und einer Handstoppuhr quantitativ erfasst werden.

Für präzise Messungen ist der Einsatz eines Digitalzählers möglich, der durch die Start/Stopp-Einheit gestartet und bei Nulldurchgang durch das Signal eines Laserreflexsensors gestoppt wird.

Der Luftstromerzeuger des luftgelagerten Drehsystems 1000781 ist für eine Netzspannung von 115 V (±10 %) ausgelegt, der im Gerätesystem 1000782 für 230 V (±10 %).

Experimente zur Untersuchung von reibungsfreien Drehschwingungen und zur Untersuchung von reibungsfreien Drehbewegungen mit einer großen Drehscheibe ermöglicht der Ergänzungssatz zum luftgelagerten Drehsystem 1000783.

3. Lieferumfang

1 Drehlagereinheit

1 Drehscheibe mit Hantelstange

1 Stufenrolle

1 Start/Stopp-Einheit

3 S-Haken (2x 1 g, 1x 2 g)

1 Satz Zusatzmassen (2x 12,5 g, 2x 25 g, 2x 50 g)

1 Luftstromerzeuger mit Steckernetzgerät

1 Silikonschlauch mit Hahn

1 Umlenkrolle

1 Stativrohr, lang

1 Stativrohr, kurz

1 Stativstange, 250 mm

1 Nivellierscheibe

1 Rolle Nähgarn

4. Technische Daten

Winkelskala:	0 – 360°
Skalenteilung:	1°
Länge der Hantelstange:	ca. 440 mm
Radien des Lochrasters:	30 – 210 mm
Schrittweite des Lochrasters:	20 mm
Radien der Stufenrolle:	5 / 10 / 15 mm
Trägheitsmoment der Drehscheibe mit Hantelstange:	ca. 0,9 g m^2
Max. Trägheitsmoment:	ca. 7,1 g m^2
Min. Antriebsdrehmoment:	ca. 0,05 mN m
Max. Antriebsdrehmoment:	ca. 0,60 mN m

5. Allgemeine Grundlagen

In Analogie zur Newton'schen Bewegungsgleichung für Translationsbewegungen gilt: Ein drehbar gelagerter starrer Körper mit dem Trägheitsmoment J erfährt die Winkelbeschleunigung α, wenn das Drehmoment

(1) $M = J \cdot \alpha$.

angreift. Wirkt ein konstantes Drehmoment, so vollzieht der Körper eine Drehbewegung mit gleichmäßiger Winkelbeschleunigung.

Der Körper dreht sich in der Zeit t um den Winkel

(2) $\varphi = \frac{1}{2} \cdot \alpha \cdot t^2$.

Daraus folgt für die Winkelbeschleunigung α

(3) $\alpha = \frac{2 \cdot \varphi}{t^2}$

und

(4) $\alpha = \frac{\pi}{t^2}$ bei $\varphi = 90°$

Das Drehmoment M resultiert aus der Gewichtskraft einer beschleunigenden Masse m_M, die im Abstand r_M zur Drehachse am Körper angreift.

(5) $M = r_M \cdot m_M \cdot g$

$g = 9{,}81 \frac{m}{s^2}$: Fallbeschleunigung

Bringt man auf der Hantelstange des Drehsystems zusätzlich zwei Massen m_J in festem Abstand r_J zur Drehachse an, so vergrößert sich das Trägheitsmoment gemäß

(6) $J = J_0 + 2 \cdot m_J \cdot r_J^2$

J_0: Trägheitsmoment ohne Zusatzmassen

6. Bedienung

6.1 Aufbau (siehe Fig. 1 und 2)

- Stativstange (h) mit Stativrohr (f) verbinden und befestigen.
- Drehlagereinheit (j) auf Stativrohr (f) aufbauen und Arretierschraube festziehen.
- Umlenkrolle (n) im Stativrohr (f) aufbauen und mit Arretierschraube befestigen.
- Start/Stopp-Einheit auf Stativrohr (e) aufsetzen, fixieren und auf Stativstange (h) schieben.

Vor Experimentierbeginn muss das Drehsystem erst ausgerichtet werden, bevor der weitere Aufbau erfolgen kann.

- Nivellierscheibe in die kreisförmige Vertiefung der Drehlagereinheit legen.
- Schlauch des Kompressors am Schlauchanschluss (k) befestigen.
- Kompressor mit dem Netz verbinden und einschalten.
- Mittels der Justierschrauben (g und m) ist eine Korrektur der Neigung zweier Ebenen möglich (siehe Fig. 3).

Die Lagekorrektur ist ausreichend, wenn die Nivellierscheibe gleichmäßig über die Fläche des Drehlagers taumelt.

- Drehscheibe (i) mit Hantelstange und Stufenrolle auf Drehlagereinheit (j) setzen.
- Start/Stopp-Einheit zur Drehscheibe schieben und mit Arretierschraube befestigen. Der Schaumstoff des Zeigers (a) muss den Rand der Drehscheibe leicht berühren.

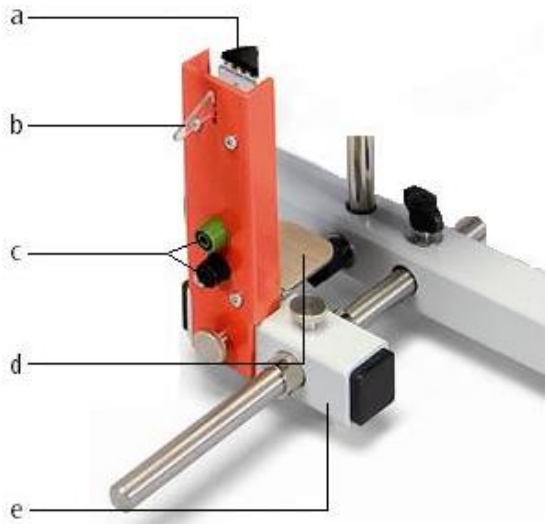


Fig. 1 Aufbau der Start/Stopp–Einheit: a Zeiger, b Auslösehebel, c Buchsen für Starter, d Konsole für Laserreflexsensor, d Stativrohr

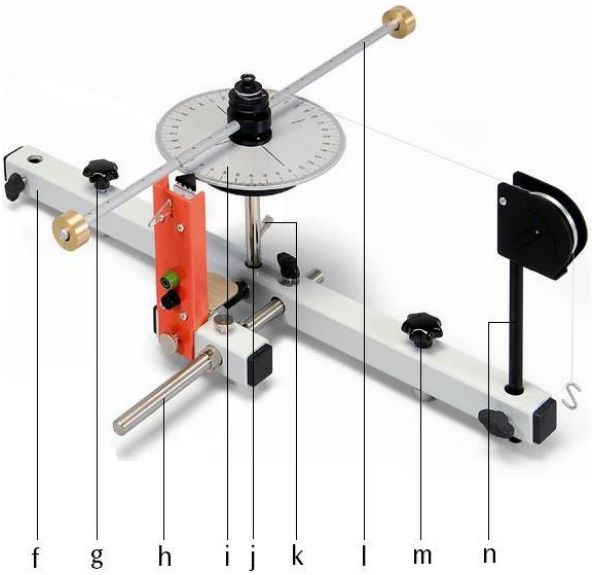


Fig. 2 Aufbau des Drehsystems: f Stativrohr, g Justierschraube, h Stativstange, i Drehscheibe, j Drehlagereinheit, k Schlauchanschluss, l Hantelstange mit Stufenrolle und Zusatzmassen, m Justierschraube, n Umlenkrolle

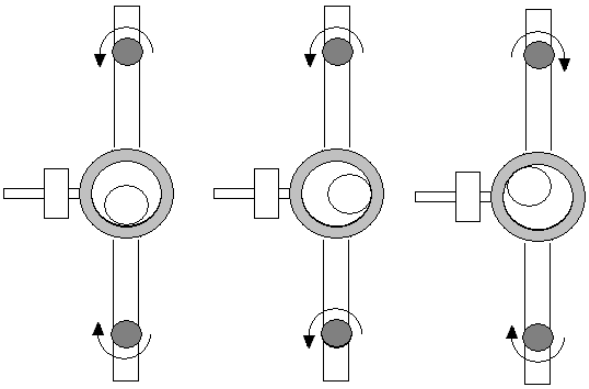


Fig. 3 Ausrichtung des Drehsystems

6.2 Regelung der Luftzufuhr

- Luftdurchsatz nur am Hahn (p) regeln.

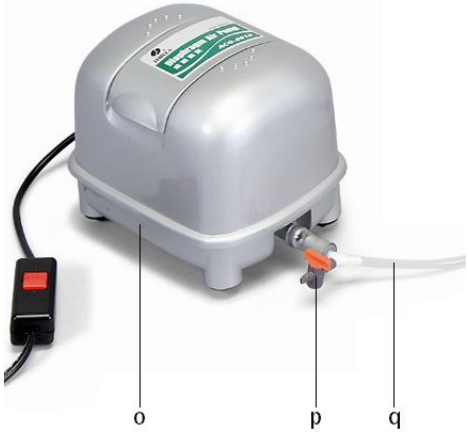


Fig. 4 Luftzufuhr: o Luftstromerzeuger, p Hahn, q Schlauch

7. Versuchsbeispiele

Zur Zeitmessung sind folgende Geräte empfehlenswert:

1 Mechanische Stoppuhr	1003369
oder	
1 Laserreflexsensor	1001034
und	
1 Digitalzähler @115 V	1001032
oder	
1 Digitalzähler @230 V	1001033

7.1 Gleichmäßig beschleunigte Drehbewegung

7.1.1 Erstellung eines Drehwinkel-Zeit-Diagramms

Empfohlene Parameter:

Beschleunigende Masse m_M = 2 g

Stufenrolle r_M = 10 mm

Zusatzmasse m_J = 25 g Abstand r_J = 170 mm

Drehwinkel φ = 10°, 40°, 90°, 160°, 250°

- Zusatzmassen im gleichen Abstand von der Drehachse auf die Hantelstange aufschieben.
- Bindfaden am Metallzapfen der Drehscheibe befestigen und ca. 5-6 Mal um eine Stufenscheibe wickeln.
- Das andere Ende des Fadens über die Umlenkrolle legen und einen der S-Haken daran festknoten.
- Den S-Haken so aufhängen, dass er über eine Tischkante hängt.
- Drehscheibe in die gewünschte Winkelposition drehen und mit dem Zeiger arretieren.
- Kompressor einschalten.
- Hebel nach unten drücken und die Drehbewegung auslösen. Gleichzeitig die Zeitmessung mit der Stoppuhr starten.
- Bei Nulldurchgang (Nullmarke passiert die Position des Zeigers) Zeitmessung stoppen und abgelesene Zeit notieren.
- Zeiten für verschiedene Drehwinkel bestimmen und ein t-φ-Diagramm erstellen.

Für die empfohlenen Parameter ergeben sich folgende Zeiten:

10°	40°	90°	160°	250°
2 s	4 s	6 s	8	10 s

7.2 Winkelbeschleunigung in Abhängigkeit des Drehmoments

7.2.1 Winkelbeschleunigung in Abhängigkeit der beschleunigenden Masse

Empfohlene Parameter:

Drehwinkel φ = 90°

Zusatzmasse m_J = 50 g; Abstand r_J = 210 mm

Stufenrolle r_M = 10 mm

Beschleunigende Massen m_M = 1 g, 2 g, 3 g, 4 g

- Experimentieraufbau wie unter 6.1 beschrieben.
- Zeiten für den gleichen Drehwinkel mit unterschiedlichen beschleunigenden Massen m_M bestimmen und die entsprechende Winkelbeschleunigung α berechnen.
- Abhängigkeit der Winkelbeschleunigung α von der beschleunigenden Masse in einem m_M-α-Diagramm darstellen.

7.2.2 Winkelbeschleunigung in Abhängigkeit des Stufenrollenradius

Empfohlene Parameter:

Drehwinkel φ = 90°

Zusatzmasse m_J = 50 g; Abstand r_J = 210 mm

Beschleunigende Masse m_M = 2 g

Stufenrollenradius r_M = 5 mm, 10 mm, 15 mm

- Experimentieraufbau wie unter 6.1 beschrieben.
- Zeiten für den gleichen Drehwinkel mit unterschiedlichen Stufenrollenradien r_M bestimmen und die entsprechende Winkelbeschleunigung α berechnen.
- Abhängigkeit der Winkelbeschleunigung α vom Radius der Stufenrolle r_M in einem r_M-α–Diagramm darstellen.

7.3 Winkelbeschleunigung in Abhängigkeit des Trägheitsmoments

7.3.1 Trägheitsmoment in Abhängigkeit der Zusatzmasse

Empfohlene Parameter:

Drehwinkel φ = 90°

Beschleunigende Masse m_M = 2 g

Stufenrollenradius r_M = 10 mm

Zusatzmasse m_J = 0 g, 12,5 g, 25 g, 50 g

Abstand r_J = 210 mm

- Experimentieraufbau wie unter 6.1 beschrieben.
- Zeiten für den gleichen Drehwinkel mit unterschiedlichen Zusatzmassen m_J bei gleichem

Abstand r_J bestimmen und das entsprechende Trägheitsmoment J berechnen.

- Abhängigkeit des Trägheitsmoments J von der Zusatzmasse m_J in einem m_J-J-Diagramm darstellen.

7.3.2 Trägheitsmoment in Abhängigkeit des Abstands der Zusatzmasse von der Drehachse

Empfohlene Parameter:

Drehwinkel $\varphi = 90°$

Beschleunigende Masse $m_M = 2$ g

Stufenrollenradius $r_M = 10$ mm

Zusatzmasse $m_J = 50$ g

Abstand $r_J = 30$ mm, 50 mm, 70 mm, …210 mm

- Experimentieraufbau wie unter 6.1 beschrieben.
- Zeiten für den gleichen Drehwinkel mit unterschiedlichen Abständen r_J der Zusatzmassen bestimmen und das entsprechende Trägheitsmoment J berechnen.
- Abhängigkeit des Trägheitsmoments J vom Abstand r_J der Zusatzmassen in einem r_J -J-Diagramm darstellen.

7.4 Zeitmessung mit dem Digitalzähler und dem Laserreflexsensor

Mit der Start/Stopp-Einheit und dem Laser-Reflexsensor sind exakte Messungen über definierte Winkelsegmente möglich (siehe Fig. 1). Durch Betätigen des Hebels (8) erfolgt die mechanische Entriegelung der Drehscheibe und zeitgleich wird ein Schaltkontakt zwischen den Buchsen (6) geöffnet und löst die Zeitmessung aus. Der Laserreflexsensor ermöglicht das berührungs- und verzögerungsfreie Stoppen des Zeitmessvorganges.

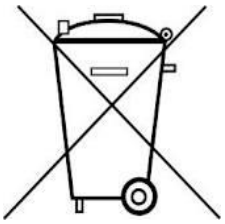
Warnhinweis: Nicht in den Laserstrahl blicken!

- Laserreflexsensor auf die Konsole der Start/Stopp-Einheit stellen (magnetische Befestigung).
- Start/Stopp-Einheit mit dem Start-Eingang und Laserreflexsensor mit dem Stopp-Eingang am Zähler verbinden.
- Laserreflexsensor so verschieben, dass das Licht durch die Bohrung der 0°-Position fällt. (Hinweis: Loch mit einem Papierstreifen abdecken. Laserlicht ist durch Papier gut sichtbar.)
- Drehscheibe in die gewünschte Winkelposition drehen und mit dem Zeiger bei oberer Hebelstellung arretieren. Dabei berührt der Zeiger nur leicht den Rand der Drehscheibe.
- Hebel nach unten drücken und so die Drehbewegung und Zeitmessung auslösen.

Die Zeitmessung stoppt, wenn das Licht des Lasers auf die Bohrung der 0°-Position oder auf eine Marke auf der Unterseite der großen Drehscheibe (aus dem Ergänzungssatz) trifft.

8. Entsorgung

- Die Verpackung ist bei den örtlichen Recyclingstellen zu entsorgen.
- Sofern das Gerät selbst verschrottet werden soll, so gehört dieses nicht in den normalen Hausmüll. Es sind die lokalen Vorschriften zur Entsorgung von Elektroschrott einzuhalten.



- Leere Batterien nicht im Hausmüll entsorgen. Es sind die lokalen gesetzlichen Vorschriften einzuhalten (D: BattG; EU: 2006/66/EG).

© Copyright 2015 3B Scientific GmbH