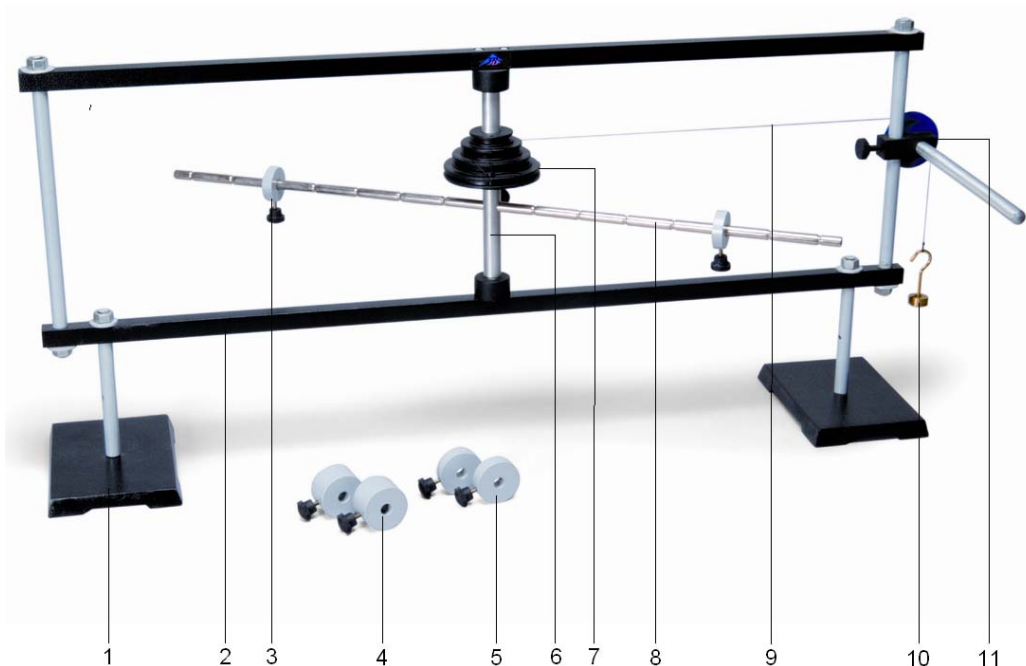


Drehbewegungs-Apparat 1010084

Bedienungsanleitung

11/12 ALF



1 Grundplatte

2 Halterahmen

3 Gewichtsscheiben 50 g

4 Gewichtsscheiben 200 g

5 Gewichtsscheiben 100 g

6 Drehachse

7 Stufenscheibe

8 Querstange

9 Faden

10 Aufhänger für Schlitzgewichte

11 Umlenkvorrichtung

1. Sicherheitshinweise

Zur Vermeidung von Verletzungen:

- Sicherheitsabstand zu dem sich im Betrieb befindlichen Gerät halten. Vor allem darauf achten, Augen und Gesicht von beweglichen Teilen fernzuhalten.
- Apparat nicht mit der Hand auf eine hohe Winkelgeschwindigkeit drehen! Die Befestiger sind nicht dafür gedacht, ihre Position bei hohen Geschwindigkeiten beizubehalten, und die Gewichte können davonfliegen.

2. Beschreibung

Der Drehbewegungs-Apparat dient zur Untersuchung des Einflusses eines konstanten Drehmoments auf einen rotierenden Körper mit variablem Trägheitsmoment.

Eine senkrechte, kugelgelagerte Drehachse in einem stabilen Halterahmen trägt eine Querstange mit äquidistanten Nuten zur Halterung von Massen. Zur Sicherheit werden die Massestücke mit einer Schraube fixiert. Das Drehmoment erzeugen ein Auflageteller mit Haken und bis zu drei Schlitzgewichte, deren Gewicht über einen Faden auf eine Stufenscheibe mit vier verschiedenen Durchmessern wirkt.

3. Technische Daten

Querstange:	600 mm x Ø 8 mm
Nutabstand:	40 mm
Gewichtscheiben:	2x 50 g, 2x 100 g, 2x 200g
Durchmesser Stufenrolle:	30 mm, 45 mm, 60 mm, 75 mm
Gesamtmasse:	7 kg

4. Zusätzlich erforderlich

1 Maßstab, 1 m	1000742
2 Mechanische Stoppuhr, 15 min	1003369

5. Experimentierbeispiele

5.1 Bestimmung der Winkelbeschleunigung α

- Massen auf die Querstange laden und mit Schrauben sichern, Faden einfädeln und um die Stufenscheibe wickeln, Faden über Umlenkvorrichtung führen und aufwickeln, mit Gewichtshänger verbinden, Faden senkrecht zur Stufenscheibe halten. Gewichtshänger festhalten.
- Zwei Studenten halten sich mit Stoppuhren bereit.
- Gewichtshänger loslassen.
- Ein Student notiert die Zeit zwischen dem Loslassen des Gewichtshängers und seinem Auftreffen auf dem Boden.
- Sobald die Masse den Boden berührt, notiert der zweite Student die Zeit, die die Querstange benötigt, um zwei Umdrehungen auszuführen. Sicherstellen, dass die Messung gemacht wird, bevor der Apparat aufgrund von Reibung zu langsam wird.
- Winkelgeschwindigkeit ω der Querstange in Radianten/Sekunde berechnen und dabei nicht vergessen, dass eine Drehung 2π Radianten darstellt.
- Die Winkelbeschleunigung erhält man aus der Gleichung:

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

$\Delta\omega$ ist der für die Schlusswinkelgeschwindigkeit berechnete Wert (die Anfangsgeschwindigkeit betrug Null) und Δt ist die Zeit, die die Masse benötigte, um auf den Boden zu fallen.

- Messungen mehrere Male wiederholen und die Ergebnisse mitteln.

- Experimente mit verschiedenen Antriebsmassen, Massen auf der Stange und Position der Masse auf der Stange wiederholen. Auswirkungen auf die Winkelgeschwindigkeit vergleichen.

5.2 Bestimmung des Drehmoments M

Das Drehmoment kann theoretisch und experimentell bestimmt und dann verglichen werden.

Das theoretische Drehmoment erhält man aus der Gleichung:

$$M = r \cdot F \cdot \sin\theta$$

$\theta = 90$ weil der Faden senkrecht zum Radius des Apparates verläuft. r ist der Radius der Stufenscheibe, $F = m \cdot g$, wobei m die Summe der Schlitzgewichte mit Aufhänger ist und g die Fallbeschleunigung $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$. Folglich erhält

man das theoretische Drehmoment aus der Gleichung:

$$M = r \cdot m \cdot g$$

- Zur experimentellen Ermittlung den gleichen Versuchsaufbau verwenden wie in 5.1.
- Dazu zuerst die Winkelbeschleunigung mittels der in Abschnitt 5.1 beschriebenen Methoden bestimmen.
- Trägheitsmoment J durch das Messen der Abstände zu den Massen auf der Querstange und unter Verwendung der folgenden Formel berechnen:

$$J = \frac{1}{12} M_{\text{Stange}} L^2 + M_{\text{Massen}} R^2$$

M_{Stange} = Masse der Querstange

L = Länge der Querstange

M_{Massen} = Massen der beiden Gewichtsscheiben

R = Abstand Gewichtsscheibe - Drehachse

- Zur Ermittlung des Drehmoments die Winkelbeschleunigung mit dem Trägheitsmoment multiplizieren.
- $$M = J \cdot \alpha$$
- Änderung des Drehmoments nach Verändern des Stufenscheibenradius und Variieren der Antriebsmassen bestimmen.

5.3 Bestimmung des Trägheitsmoments J

- Abstand von der Gewichtsscheibe zur Drehachse messen.
- Winkelbeschleunigung wie in 5.1 bestimmen.
- Theoretisches Drehmoment wie in 5.2 berechnen.

- Das Trägheitsmoment erhält man aus der Gleichung:

$$J = \frac{M}{\alpha}$$

- Experiment wiederholen, dabei Masse auf der Querstange gleich belassen und Abstand verändern.
- Trägheitsmoment in Abhängigkeit vom Abstand grafisch darstellen.
- Experiment mit gleichem Abstand aber unterschiedlicher Masse wiederholen.
- Trägheitsmoment in Abhängigkeit von der Masse grafisch darstellen.

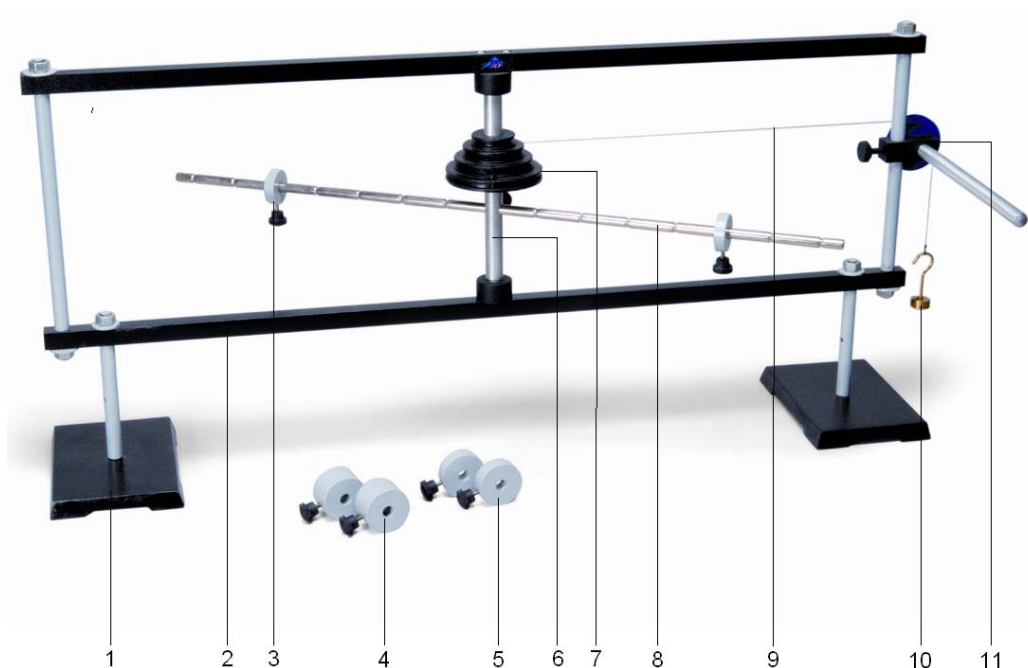
Das Trägheitsmoment verändert sich gemäß folgender Gleichung:

$$J = M \cdot R^2$$

Rotary Motion Apparatus 1010084

Instruction sheet

11/12 ALF



- | | |
|----------------------|-------------------------------|
| 1 Base | 7 Multiple pulley |
| 2 Frame | 8 Crossbar |
| 3 Weight discs 50 g | 9 String |
| 4 Weight discs 200 g | 10 Hanger for slotted weights |
| 5 Weight discs 100 g | 11 Deflection pulley |
| 6 Rotating axle | |

1. Safety instructions

To avoid injuries:

- Maintain a safe distance from the device while it is in operation. Be especially careful to keep your eyes and face away from moving parts.
- Do not use your hand to spin the apparatus to a high angular velocity! The screws are not designed to stay in position at high velocities and the weights will fly off.

2. Description

The rotary motion apparatus is used for investigating the effect of a constant torque on a rotating body with variable moment of inertia.

A vertical, rotating axle on ball bearings in a stable frame supports a crossbar with equidistant grooves for holding the weights. For safety, the weights are fixed in place with screws. The torque is generated by a rotating plate with hooks and up to three slotted weights, acting via a string threaded over a multiple pulley with four different pulley diameters.

3. Technical data

Crossbar:	600 mm x 8 mm diam.
Groove separation:	40 mm
Weights:	2x 50 g, 2x 100 g, 2x200g
Diameters of multiple pulley:	30 mm, 45 mm, 60 mm, 75 mm
Overall weight:	7 kg

4. Additionally required

1 Ruler, 1 m	1000742
2 Mechanical stopwatches, 15 min	1003369

5. Sample experiments

5.1 Calculating angular acceleration

- Place masses on crossbar and secure with screws, insert thread and wind around multiple pulley, run thread over pulley and wind up, connect to mass hanger keep thread perpendicular to spindle. Hold mass hanger.
- Have two students standing ready with stopwatches.
- Release the mass hanger.
- One student will record the time between the release of the mass hanger and when it touches the ground.
- As soon as the mass touches the ground, the second student will record the time it takes the crossbar to rotate twice. Be sure to take this measurement before the apparatus has slowed due to friction.
- Calculate angular velocity, ω , of the crossbar in radians/second, remembering that one rotation is 2π radians.
- Angular acceleration is given by the equation
$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$
- $\Delta\omega$ is the value calculated for final angular velocity (initial was zero) and Δt is the time it took the mass to fall to the ground.
- Repeat your measurement a few times and average the results.
- Change hanger mass, mass on the rod and position of the mass on rod and casually compare effects on angular velocity.

5.2 Calculating torque M

The torque can be calculated theoretically and experimentally and these two values can be com-

pared. Use the same experimental setup as in 5.1. The theoretical torque is given by the equation:

$$M = r \cdot F \cdot \sin \theta$$

$\theta = 90$ because the thread is perpendicular to the radius of the apparatus. r is the radius of the multiple pulley $F = m \cdot g$ where m is the sum of the slotted masses and hanger and $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$, the gravitational acceleration constant. Thus, the theoretical torque is given by:

$$M = r \cdot m \cdot g$$

- To find experimental torque, first calculate the angular acceleration using the methods outlined in section 5.1.
- Calculate the moment of inertia J by measuring the distances to the masses on the crossbar and using the following equation

$$J = \frac{1}{12} M_{rod} L^2 + M_{weights} R^2$$

M_{rod} = weight of crossbar

L = length of crossbar

$M_{weights}$ = weight of masses on crossbar

R = distance mass on crossbar - axle

- Multiply angular acceleration by the moment of inertia to find torque
$$M = J \cdot \alpha$$
- Measure the change in torque from changing spindle radius and from varying the amount of mass on the hangers.

5.3 Calculating moment of inertia J

- Measure the distance from the mass to the pivot axle.
- Calculate the angular acceleration as in 5.1
- Calculate the theoretical torque as in 5.2
- The moment of inertia is given by the equation:
$$J = \frac{M}{\alpha}$$
- Repeat the experiment, keeping the mass on the crossbar fixed and varying the distance.
- Plot moment of inertia versus distance.
- Repeat the experiment, but this time keep the distance fixed and vary the mass on the rod and plot moment of inertia versus mass.

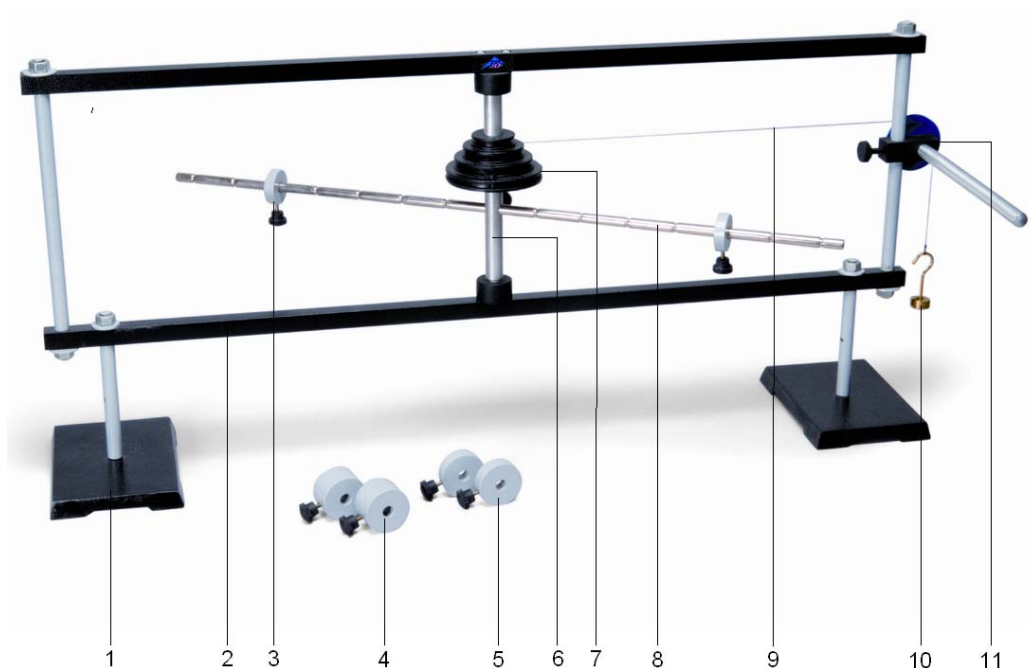
You should find that the moment of inertia varies according to the equation

$$J = M \cdot R^2$$

Dispositif pour l'étude de la dynamique de rotation 1010084

Instructions d'utilisation

11/12 ALF



1 Base

2 Cadre support

3 Disques poids de 50 g

4 Disques poids de 200 g

5 Disques poids de 100 g

6 Axe pivotant

7 Poulie à étages

8 Barre transversale

9 Corde

10 Crochet pour disques fendus

11 Poulie de déviation

1. Consignes de sécurité

Afin d'éviter les risques de blessures :

- Veillez à respecter une distance de sécurité suffisante lorsque le dispositif est en exploitation. Faites particulièrement attention à éviter tout contact entre vos yeux ou votre visage et les organes mobiles.
- Ne vous servez pas de votre main dans le but d'amener l'appareillage à une vitesse angulaire élevée ! À des vitesses élevées, les fixations ne pourraient rester en place, les disques poids s'échapperaient donc.

2. Description

Le dispositif pour l'étude de la dynamique de rotation sert à étudier l'influence d'un torque constant sur un corps en rotation avec une force d'inertie variable.

Un axe vertical pivotant, à roulement à billes, dans un cadre support stable, supporte une barre transversale avec rainures équidistantes pour le maintien des disques poids. Pour des raisons de sécurité, les disques poids seront vissés. Le torque est produit par une assiette à crochet et par trois poids à fente max. dont le poids est transmis, via un fil, à une poulie à étages de quatre diamètres différents.

3. Caractéristiques techniques

Barre transversale :	600 mm x Ø 8 mm
Écart entre les rainures :	40 mm
Unités de masse :	2x 50 g, 2x 100 g, 2x 200g
Diamètre de la poulie à étages :	30 mm, 45 mm, 60 mm, 75 mm
Poids total :	7 kg

4. Accessoires supplémentaires requis

1 Règle graduée, 1 m	1000742
2 Chronomètres mécaniques, 15 min	1003369

5. Exemples d'expériences

5.1 Calcul de l'accélération angulaire

- Placez des masses sur la barre transversale en les y fixant, faites passer la corde et enroulez-la autour de la poulie à étages; passez la corde au-dessus de la poulie et l'y enroulez ; connectez la corde au crochet de masse en veillant à ce qu'elle soit perpendiculaire à la poulie à étages. Maintenez le crochet de masse.
- Deux étudiants équipés de chronomètres seront prêts à stopper le temps.
- Relâchez le crochet de masse.
- Un étudiant enregistrera le temps écoulé entre le moment où le crochet de masse est relâché et celui où il touche le sol.
- Dès que la masse touche le sol, le deuxième étudiant enregistrera le temps que prend la barre transversale à tourner deux fois. Veillez à effectuer ces mesures avant que l'appareillage ne se soit ralenti en raison de la friction.
- Calculez la vitesse angulaire ω de la barre transversale en radians/secondes, sans oublier le fait qu'une rotation correspond à 2π radians.
- L'équation suivante permet d'obtenir l'accélération angulaire :

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

- $\Delta\omega$ représentant la valeur calculée de la vitesse angulaire finale (la vitesse initiale étant de zéro) et Δt le temps qu'a pris la masse pour tomber au sol.
- Répétez vos mesures plusieurs fois, puis faites la moyenne des résultats obtenus.

- Tentez de modifier la masse du crochet, la masse sur la tige et la position de la masse sur la barre transversale, puis comparez-en aléatoirement les effets sur la vitesse angulaire.

5.2 Calcul du torque M

Il sera possible de calculer le torque théoriquement et expérimentalement, puis de comparer ces deux valeurs. Le montage de l'appareillage expérimental sera le même qu'au paragraphe 5.1.

L'équation suivante permet d'obtenir le torque théorique :

$$M = r \cdot F \cdot \sin\theta$$

$\theta = 90^\circ$, la corde étant perpendiculaire au rayon de l'appareillage, r représente le rayon de la broche. $F = m \cdot g$, m étant la somme des

masses fendus et du crochet et $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$

(accélération de la pesanteur). Le torque théorique est donc calculé par l'équation suivante :

$$M = r \cdot m \cdot g$$

- La détermination d'un torque expérimental se fera en calculant d'abord l'accélération angulaire au moyen des méthodes présentées au paragraphe 4.1.
- Calculez le moment d'inertie J en mesurant les distances des disques poids à l'axe pivotant, puis en utilisant l'équation suivante.

$$J = \frac{1}{12} M_{bar} L^2 + M_{masses} R^2$$

M_{bar} = poids de la barre transversale

L = longueur de la barre transversale

M_{masses} = poids des disques poids

R = distance de la disque poids à l'axe pivotant

- Multipliez l'accélération angulaire par le moment d'inertie, ce qui vous permettra de déterminer le torque.

$$M = J \cdot \alpha$$

- Mesurez les changements du torque si le rayon de la broche est modifié et la quantité de masse variée sur les dispositifs de suspension.

5.3 Calcul du moment d'inertie J

- Mesurez la distance de la disque poids à l'axe pivotant.
- Calculez l'accélération angulaire comme au paragraphe 5.1

- Calculez le torque théorique comme au paragraphe 5.2
- L'équation suivante permet d'obtenir le moment d'inertie :

$$J = \frac{M}{\alpha}$$

- Répétez, en laissant la masse fixée sur la barre transversale et en variant le rayon.
- Tracez le graphique du moment d'inertie versus celui du rayon.
- Répétez cette procédure, mais en gardant cette fois la distance fixée et en variant la masse sur la barre transversale, puis tracez le graphique du moment d'inertie versus celui de la masse.

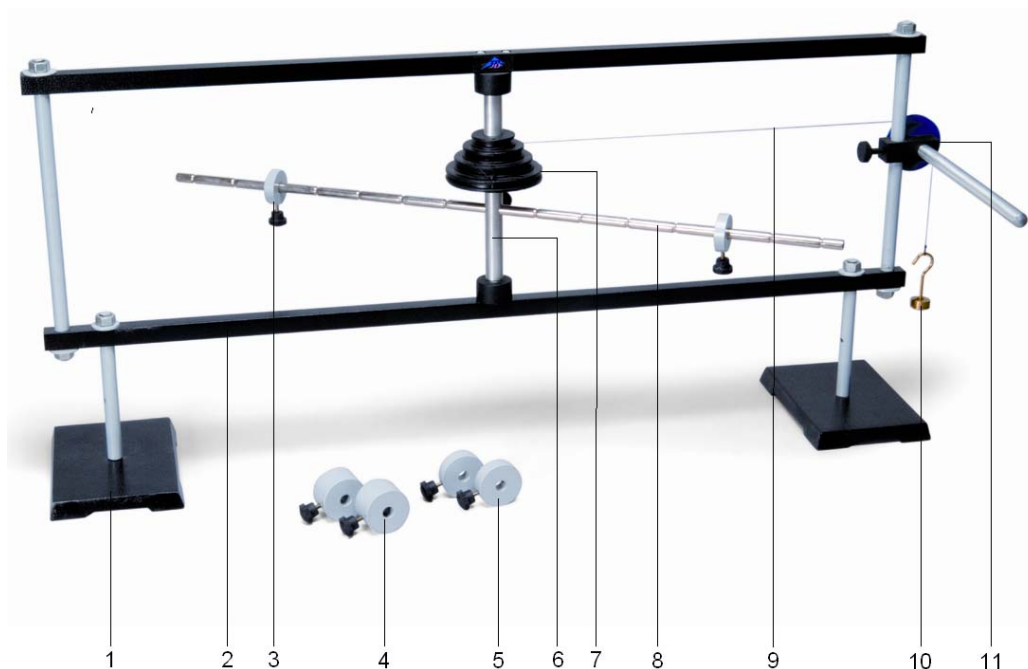
Vous pourrez constater que le moment d'inertie varie conformément à l'équation.

$$J = M \cdot R^2$$

Apparecchio di rotazione 1010084

Manuale di istruzioni

11/12 ALF



- 1 Base
- 2 Telaio di supporto
- 3 Pesi 50 g
- 4 Pesi 200 g
- 5 Pesi 100 g
- 6 Asse girevole

- 7 Mandrino
- 8 Barra
- 9 Corda
- 10 Supporto per pesi asolati
- 11 Puleggia di deviazione

1. Istruzioni di sicurezza

Per evitare lesioni:

- Mantenere una distanza di sicurezza dal dispositivo durante il funzionamento. Prestare particolare attenzione a non avvicinare occhi e viso alle parti in movimento.
- Non utilizzare le mani per aumentare la velocità angolare del dispositivo! I dispositivi di fissaggio non sono progettati per resistere a velocità elevate e i pesi volerebbero via.

2. Descrizione

L'apparecchio di rotazione è utilizzato per lo studio dell'influenza del momento torcente costante su un corpo rotante con momento d'inerzia variabile.

Un asse girevole verticale con cuscinetti a sfera su stabile telaio di supporto sostiene una barra con scanalature equidistanti sono fissati i pesi. Per motivi di sicurezza, i pesi vengono fissati mediante una vite. Il momento torcente è generato da un piatto di supporto dotato di gancio e fino a tre pesi a fessura, il cui peso agisce mediante un filo su un rullo graduato con quattro diversi diametri.

3. Caratteristiche tecniche

Braccio girevole:	600 mm x 8 mm Ø
Distanza scanalature:	40 mm
Pesi:	2x 50 g, 2x 100 g, 2x 200g
Diametro del rullo graduato:	30 mm, 45 mm, 60 mm, 75 mm
Peso totale:	7 kg

4. Accessori aggiuntivi

1 Scala 1 m	1000742
2 Cronometri meccanici, 15 min	1003369

5. Misure sperimentali

5.1 Calcolo dell'accelerazione angolare

- Posizionare i pesi sulla barra e fissarli con i dispositivi di fissaggio, inserire la corda e avvolgerla al mandrino, far passare la corda sopra la puleggia e avvolgerla, collegarla al supporto per pesi e mantenerla perpendicolare al mandrino. Tenere sollevato il supporto con i pesi.
- Due studenti devono stare pronti con i cronometri.
- Rilasciare il supporto con i pesi.
- Uno studente registrerà il tempo che intercorre tra il momento in cui il supporto viene rilasciato e il momento in cui tocca il suolo.
- Non appena il peso tocca il suolo, il secondo studente registrerà il tempo necessario alla barra per effettuare due rotazioni. Fate attenzione a registrare tali misure prima che l'apparecchio rallenti a causa della frizione.
- Calcolate la velocità angolare, ω , della barra in radianti/secondo, tenendo presente che una rotazione corrisponde a 2π radianti.
- L'accelerazione angolare è data dall'equazione
$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$
- $\Delta\omega$ è il valore calcolato per la velocità angolare finale (quella iniziale era uguale a zero) e Δt è il tempo necessario perché il peso tocchi il suolo.
- Ripetete i calcoli alcune volte ed effettuate una media dei risultati.
- Provate a modificare i pesi del supporto, i pesi sull'asta e la posizione dei pesi sull'asta

e controllate se la velocità angolare subisce variazioni.

5.2 Calcolo della momento torcente M

È possibile effettuare un calcolo teorico e sperimentale della momento torcente e in seguito paragonare i due valori risultanti. Disponete gli strumenti come in 5.1.

La momento torcente teorica è data dall'equazione:

$$M = r \cdot F \cdot \sin\theta$$

$\theta = 90$ poiché la corda è perpendicolare al raggio dell'apparecchio. r è il raggio del mandrino. $F = m \cdot g$ dove m è la somma dei pesi asolati e del supporto e $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$

(accelerazione di caduta). Quindi la momento torcente teorica è data da:

$$M = r \cdot m \cdot g$$

- Per trovare il valore sperimentale della momento torcente, è necessario per prima cosa calcolare l'accelerazione angolare utilizzando i metodi descritti in 4.1.
- Calcolate il momento d'inerzia J misurando le distanze dai pesi sull'asta e utilizzando l'equazione seguente:

$$J = \frac{1}{12} M_{barra} L^2 + M_{pesi} R^2$$

M_{barra} = massa della barra

L = lunghezza della barra

M_{pesi} = massa di pesi

R = distanze peso - asse girevole

- Moltiplicate l'accelerazione angolare per il momento d'inerzia e troverete la momento torcente

$$M = J \cdot \alpha$$

- Misurate i cambiamenti della momento torcente al variare del raggio del mandrino e al variare della quantità di pesi sul supporto.

5.3 Calcolo del momento d'inerzia J

- Misurate le distanze dai pesi sull'asta.
- Calcolate l'accelerazione angolare come descritto in 5.1.
- Calcolate la momento torcente teorica come descritto in 5.2.
- Il momento d'inerzia è dato dall'equazione:
$$J = \frac{M}{\alpha}$$
- Ripetete l'operazione mantenendo lo stesso peso sull'asta e modificando il raggio.

- Tracciate il momento d'inerzia in funzione del raggio.
- Ripetete la procedura, ma questa volta mantenete fissa la distanza e modificate il peso sull'asta e tracciate il momento d'inerzia in funzione della massa.

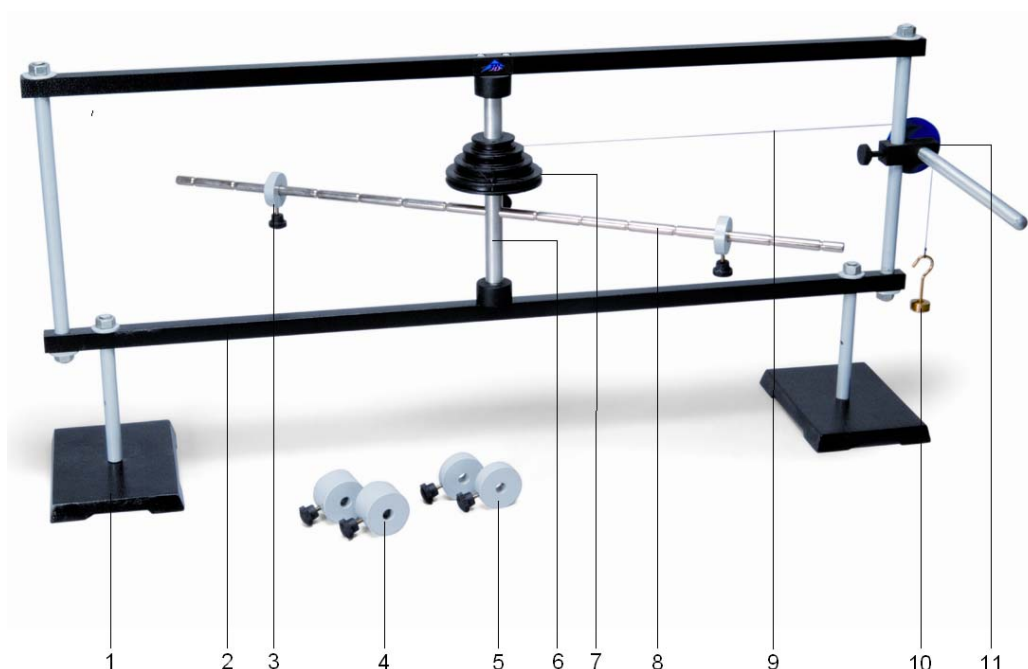
Dovreste notare che il momento d'inerzia varia secondo l'equazione

$$J = M \cdot R^2$$

Aparato de movimiento rotacional 1010084

Instrucciones de uso

11/12 ALF



1 Base

2 Marco soporte

3 Pesas de disco 50 g

4 Pesas de disco 200 g

5 Pesas de disco 100 g

6 Eje en rotación

7 Polea escalonada

8 Barra transversal

9 Cuerda

10 Gancho para pesas ranuradas

11 Polea de desviación

1. Aviso de seguridad

Para evitar lesiones:

- Manténgase a una distancia prudente del aparato mientras éste se encuentre en funcionamiento. Preste especial atención en mantener el rostro y los ojos apartados de las partes en movimiento.
- No utilice la mano para hacer girar el aparato a una velocidad angular elevada. Los fijadores no están diseñados para preservar su posición a altas velocidades y las pesas saldrían volando.

2. Descripción

El aparato de movimiento rotacional sirve el estudio de la influencia de un momento angular constante sobre la rotación de un cuerpo con momento de inercia variable.

Un eje vertical, en rotación, con rodamiento de bolas, en marco soporte estable, sostiene una barra transversal con ranuras equidistantes, que sirve para sujetar las pesas. Por seguridad las pesas se fijan con un tornillo. El momento angular es producido por un plato con ganchos y hasta con tres pesos de ranura, cuyo peso actúa, a través de un hilo, sobre una polea escalonada con cuatro diferentes diámetros.

3. Datos técnicos

Barra transversal:	600 mm x Ø 8 mm
Distancia entre las ranuras:	40 mm
Pesas:	2x 50 g, 2x 100 g, 2x 200g
Diámetros de la polea escalonada:	30 mm, 45 mm, 60 mm 75 mm
Masa total:	7 kg

4. Requisitos adicionales

1 Escala, 1 m	1000742
2 Cronómetros mecánicos, 15 min	1003369

5. Ejemplos de experimentos

5.1 Cálculo de la aceleración angular

- Coloque las pesas en la barra transversal y asegúrelas con los fijadores, inserte la cuerda y enróllela al huso, haga pasar la cuerda por la polea y estírela, pásela por el gancho y mantenga la cuerda siempre perpendicular al huso. Sujete el gancho de las pesas.
- Dos estudiantes estarán preparados con sendos cronómetros.
- Suelte el gancho con las pesas.
- Un estudiante cronometrará el tiempo que tarda la masa en llegar al suelo desde que se la suelta.
- En cuanto la masa toque el suelo, el siguiente estudiante empezará a cronometrar el tiempo que tarda la barra transversal en girar dos veces. Cerciórese de que la medición se realiza antes de que la fricción disminuya la velocidad del aparato.
- Calcule la velocidad angular ω de la barra transversal, en radianes por segundo, teniendo en cuenta que una rotación equivale a 2π radianes.
- La aceleración angular resulta de la ecuación:
$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$
- $\Delta\omega$ es el valor calculado de velocidad angular final (la inicial era cero) y Δt es el tiempo que tarda la masa en llegar al suelo.
- Repita la medición varias veces y evalúe los resultados.

- Cambie la pesa del gancho, la de la barra y la posición de la pesa en la barra y compare los efectos de estos cambios sobre la velocidad angular.

5.2 Cálculo del par de giro M

El par de giro se puede calcular de forma teórica y de forma experimental. Posteriormente se comparan ambos valores. Siga los mismos pasos que en el punto 5.1.

El par teórico resulta de la ecuación:

$$M = r \cdot F \cdot \sin \theta$$

$\theta = 90$ porque el hilo es perpendicular al radio del aparato. r es el radio del huso. $F = m \cdot g$, en donde m es la suma de las pesas ranuradas y el gancho y $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$ (aceleración de caída libre). Así, el par de giro teórico resulta de:

$$M = r \cdot m \cdot g$$

- Para obtener el par experimental, calcule primero la aceleración angular sirviéndose de los métodos descritos en el punto 4.1.
- Calcule el momento de inercia J midiendo en la barra transversal las distancias entre el punto giratorio y las pesas, y aplicando la siguiente ecuación:

$$J = \frac{1}{12} M_{\text{Stange}} L^2 + M_{\text{Massen}} R^2$$

M_{barra} = peso de la barra transversal

L = longitud de la barra transversal

M_{pesas} = peso de los pesas de disco

R = radio peso de disco - eje en rotación

- Multiplique la aceleración angular por el momento de inercia para obtener el par de giro

$$M = J \cdot \alpha$$

- Mida el cambio del par cuando se modifica el radio del huso y se varía la cantidad de pesas en los ganchos.

5.3 Cálculo del momento de inercia J

- Mida el radio de la pesa en la barra transversal.
- Calcule la aceleración angular como en el punto 5.1.
- Calcule el par teórico como en el punto 5.2.
- El momento de inercia resulta de la ecuación:

$$J = \frac{M}{\alpha}$$

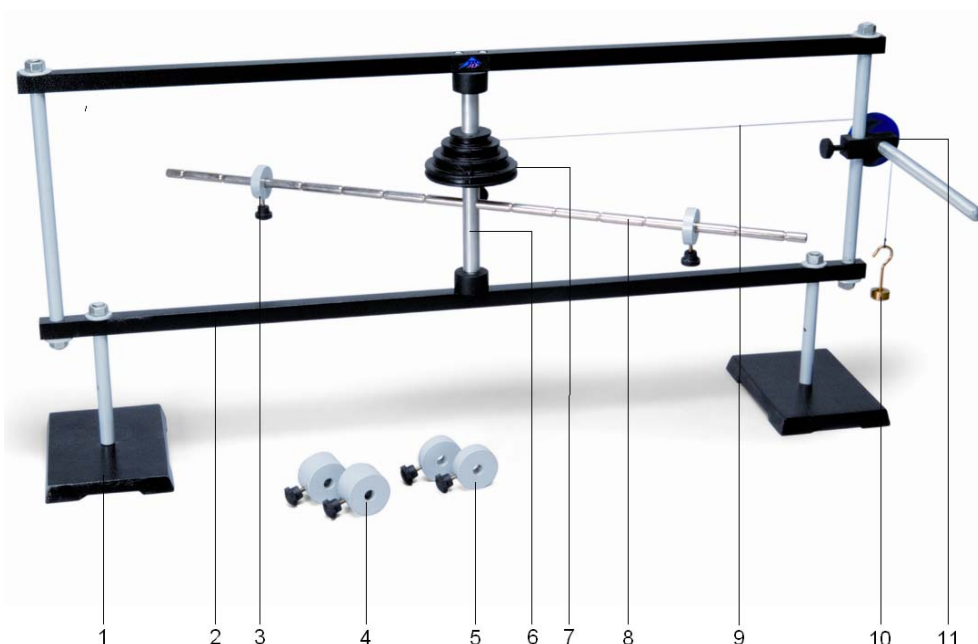
- Repita la operación manteniendo fija la pesa en la barra transversal y modificando el radio.
- Trace la curva de momento de inercia en función del radio.
- Repita el procedimiento pero esta vez mantenga fija la distancia y varíe el peso en la barra. Posteriormente trace la curva de momento de inercia en función de la masa.
- Comprobará que el momento de inercia cambia en función de la ecuación:

$$J = M \cdot R^2$$

Aparelho para movimento de rotação 1010084

Instruções para o uso

11/12 ALF



- | | |
|------------------------|--------------------------------|
| 1 Base | 7 Rolo de níveis |
| 2 Estrutura de suporte | 8 Barra transversal |
| 3 Pesos de disco 50 g | 9 Corda |
| 4 Pesos de disco 200 g | 10 Gancho para pesos estriados |
| 5 Pesos de disco 100 g | 11 Polia de desvio |
| 6 Eixo em rotação | |

1. Indicações de segurança

Para evitar lesões:

- Mantenha-se a uma distância prudente do aparelho enquanto este se encontra em funcionamento. Preste especial atenção em manter o rosto e os olhos longe das partes em movimento.
- Não utilize a mão para fazer girar os aparelhos a uma velocidade angular elevada. Os fixadores não estão previstos para manter sua posição a altas velocidades e os pesos sairiam voando.

2. Descrição

O aparelho para movimento de rotação serve para a análise da influência de um momento de rotação constante sobre um corpo rotatório com momento de inércia variável.

Um eixo vertical, em rotação com rolamento de esferas, em estrutura de suporte estável, sustenta uma barra transversal com porcas equidistantes que serve para segurar os pesos. Para segurança os pesos são fixadas com um parafuso. O momento de rotação é produzido por um prato de suporte com ganchos para até três massas com fenda, cujo peso age através de um fio sobre um rolo de níveis com quatro diâmetros diferentes.

3. Dados técnicos

Barra transversal:	600 mm x Ø 8 mm
Distância entre porcas:	40 mm
Peças de massa:	2x 50 g, 2x 100 g, 2x 200g
Diâmetros do rolo de níveis:	30 mm, 45 mm, 60 mm, 75 mm
Massa total:	7 kg

4. Adicionalmente necessário

1 Metro, 1m	1000742
2 Cronômetros mecânicos, 15 min	U11902

5. Exemplos de experiências

5.1 Cálculo da aceleração angular

- Coloque os pesos de disco na barra transversal e firme-os com os fixadores, insira a corda e enrole-a no fuso, faça passar a corda pela polia e estire-a, passe-a pelo gancho e mantenha a corda sempre perpendicular ao fuso. Segure o gancho dos pesos.
- Dois estudantes estarão equipados com cronômetros.
- Solte o gancho com os pesos.
- Um estudante cronometrará o tempo que a massa demora em chegar ao solo depois que se a solta.
- Enquanto a massa toca o solo, o seguinte estudante começará a cronometrar o tempo que a barra transversal demora em dar dois giros. Assegure-se que a medição é realizada antes que a fricção diminua a velocidade do aparelho.
- Calcule a velocidade angular ω da barra transversal, em radianos por segundo, tendo em conta que uma rotação equivale a 2π radianos.
- A aceleração angular resulta da equação:
$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$
- $\Delta\omega$ é o valor calculado de velocidade angular final (a inicial era zero) e Δt é o tempo que a massa demora em chegar ao solo.
- Repita a medição várias vezes e analise os resultados.
- Mude o peso do gancho, o da barra e a posição do peso na barra e compare os

efeitos dessas mudanças sobre a velocidade angular.

5.2 Cálculo do momento de rotação M

O momento de rotação pode ser calculado de forma teórica e de forma experimental. Posteriormente compare ambos valores. Siga os mesmos passos que no ponto 5.1.

O momento de rotação teórico resulta da equação:

$$M = r \cdot F \cdot \sin\theta$$

$\theta = 90$ porque o fio é perpendicular ao rádio do aparelho. r é o rádio do fuso. $F = m \cdot g$, onde m é a soma dos pesos estriados e o gancho e

$g = 9,81 \frac{m}{s^2}$ (aceleração de gravidade). Assim,

o par de giro teórico resulta de:

$$M = r \cdot m \cdot g$$

- Para obter o momento de rotação experimental, calcule primeiro a aceleração angular servindo-se dos métodos descritos no ponto 4.1.
- Calcule o momento de inércia J medindo na barra transversal a distância entre o ponto giratório e os pesos, e aplicando a seguinte equação:

$$J = \frac{1}{12} M_{\text{barra}} L^2 + M_{\text{pesos}} R^2$$

M_{barra} = massa da barra transversal

L = comprimento da barra transversal

M_{pesos} = massa de pesos de disco

R = rádio peso de disco – eixo em rotação

- Multiplique a aceleração angular pelo momento de inércia para obter o momento de rotação.

$$M = J \cdot \alpha$$

- Meça a mudança do momento de rotação quando se modifica o rádio do fuso e se varia a quantidade de pesos em os ganchos.

5.3 Cálculo do momento de inércia J

- Meça o rádio do peso na barra transversal.
- Calcule a aceleração angular como no ponto 5.1.
- Calcule o momento de rotação teórico como no ponto 5.2.
- O momento de inércia resulta da equação:

$$J = \frac{M}{\alpha}$$

- Repita a operação mantendo o peso fixado na barra transversal e modificando o rádio.
- Trace a curva de momento de inércia em função do rádio.
- Repita o procedimento mas esta vez mantenha fixada a distância e varie o peso na barra. Posteriormente trace a curva de momento de inércia em função da massa.
- Comprovará que o momento de inércia muda em função da equação:

$$J = M \cdot R^2$$

