

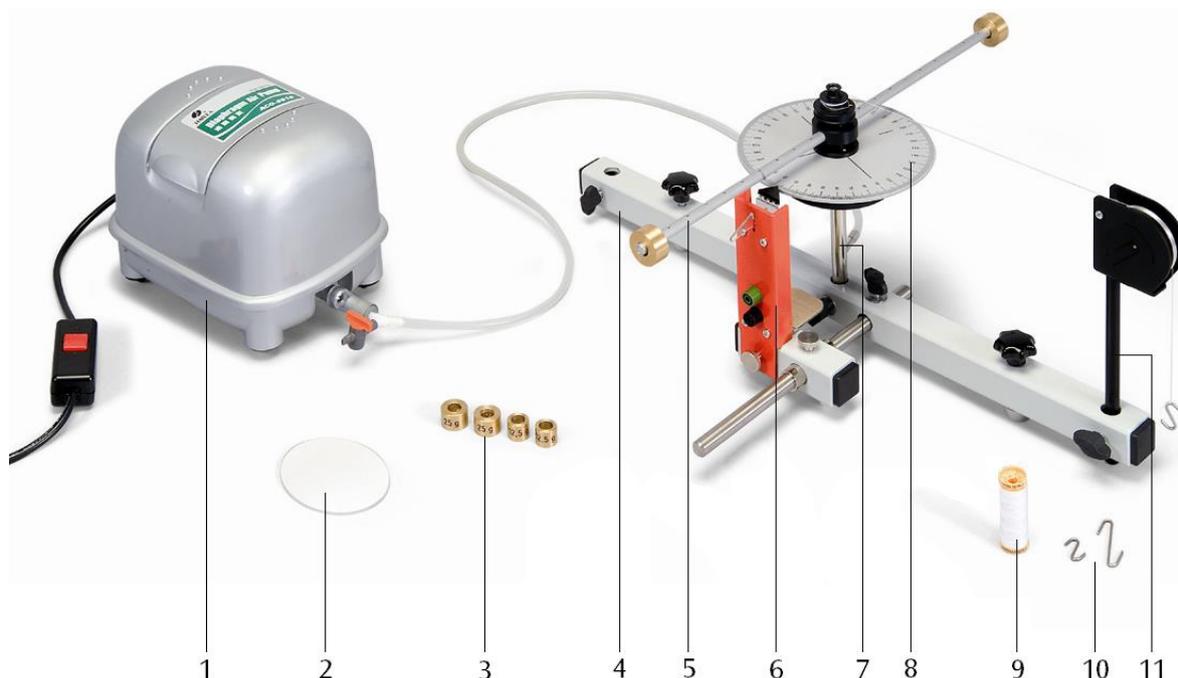
## Système de rotation sur coussinet d'air

1000781 (115 V, 50/60 Hz)

1000782 (230 V, 50/60 Hz)

### Instructions d'utilisation

09/15 ALF



- 1 Générateur de courant d'air
- 2 Disque de nivellement
- 3 Masses supplémentaires
- 4 Tube statif long
- 5 Barre porte-poids
- 6 Unité Démarrage/Arrêt

- 7 Unité à coussinet de pivotement
- 8 Poulie tournante
- 9 Bobine de fil
- 10 Crochet en S
- 11 Poulie de renvoi

#### 1. Consignes de sécurité

Le système de rotation sur coussin d'air est un ensemble sensible.

- Protégez la plaque tournante et le coussinet de pivotement contre des endommagements mécaniques.
- Protégez l'ensemble contre les saletés, la poussière et les liquides.

En cas d'utilisation du capteur réflexe laser, observez les prescriptions d'emploi du laser.

- Ne regardez jamais dans le rayon laser.

#### 2. Description

Le système de rotation sur coussin d'air est un ensemble destiné à étudier les mouvements de rotation sans friction dans les domaines suivants :

- Mouvements de rotation uniformes et accélérations uniformes
- Lois de Newton sur les mouvements de rotation
- Moment d'inertie et couple de rotation

L'ensemble convient tant à la démonstration qu'à l'élaboration des lois physiques de la cinématique

et de la dynamique au cours d'exercices et de travaux pratiques réalisés par les élèves.

Une petite poulie tournante à graduation angulaire porte une barre transversale (barre porte-poids) qui permet d'accrocher des masses. La poulie repose sur un coussinet d'air et permet ainsi des mouvements de rotation pratiquement sans frictions, l'axe de rotation étant imposé par un dispositif de centrage. Une poulie de renvoi et une poulie à étages transmettent le poids de la masse d'entraînement via un cordon.

Grâce aux frictions réduites, il suffit de très faibles couples de rotation pour déclencher le mouvement de rotation, de sorte que l'influence de l'inertie de la masse d'accélération est inférieure à un pour mille, même si le moment d'inertie du système est minimal. Par ailleurs, les mouvements de rotation qui durent plusieurs secondes peuvent être vus à l'œil nu et saisis quantitativement à l'aide d'un chronomètre mécanique.

Pour obtenir des mesures précises, on peut aussi utiliser un compteur numérique qui est lancé par l'unité Démarrage/Arrêt, puis arrêté par le signal d'un capteur réflexe laser au moment du passage à zéro.

Le générateur de courant d'air du système de rotation sur coussinet d'air 1000781 est conçu pour une tension secteur de 115 V ( $\pm 10\%$ ), celui de l'ensemble 1000782 pour 230 V ( $\pm 10\%$ ).

Le complément au système de rotation sur coussinet d'air 1000783 permet d'étudier les oscillations tournantes sans friction et les mouvements de rotation sans friction avec une grande poulie tournante.

### 3. Matériel fourni

- 1 unité à coussinet de pivotement
- 1 poulie tournante avec barre porte-poids
- 1 poulie à étages
- 1 unité Démarrage/Arrêt
- 3 crochets en S (2x 1 g, 1x 2 g)
- 1 jeu de masses (2x 12,5 g, 2x 25 g, 2x 50 g)
- 1 générateur de courant d'air avec alimentation secteur
- 1 tuyau flexible en silicone avec robinet
- 1 poulie de renvoi
- 1 tube statif long
- 1 tube statif court
- 1 tige statif, 250 mm
- 1 disque de nivellement
- 1 bobine de fil de couture

### 4. Caractéristiques techniques

Graduation angulaire :	0 – 360°
Division de la graduation :	1°
Longueur de la barre porte-poids :	env. 440 mm
Rayons des perforations :	30 – 210 mm
Pas des perforations :	20 mm
Rayons de la poulie à étages :	5 / 10 / 15 mm
Moment d'inertie de la poulie tournante avec barre porte-poids :	env. 0,9 g m <sup>2</sup>
Moment d'inertie max.:	env. 7,1 g m <sup>2</sup>
Couple d'entraînement min.:	env. 0,05 mN m
Couple d'entraînement max.:	env. 0,60 mN m

### 5. Notions de base générales

Par analogie à l'équation de Newton sur les mouvements de translation, un corps rigide placé sur un pivot rotatif de moment d'inertie  $J$  subit l'accélération angulaire  $\alpha$ , lorsque le couple de rotation

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

Si le couple de rotation est constant, le corps effectue un mouvement de rotation à une accélération angulaire constante.

Le corps tourne pendant le temps  $t$  dans un angle

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

Il en résulte pour l'accélération angulaire  $\alpha$

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

et

$$(4) \alpha = \frac{\pi}{t^2} \text{ avec } \varphi = 90^\circ$$

Le couple de rotation  $M$  résulte de la force du poids d'une masse d'accélération  $m_M$ , qui s'attaque au corps dans un écart  $r_M$  avec l'axe de rotation.

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

$$g = 9,81 \frac{m}{s^2} : \text{accélération de la pesanteur}$$

Si l'on ajoute à la barre porte-poids du système de rotation deux masses supplémentaires  $m_J$  dans un écart fixe  $r_J$  avec l'axe de rotation, le moment d'inertie augmente selon l'équation

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

$J_0$ : moment d'inertie sans masses supplémentaires

## 6. Manipulation

### 6.1 Montage (voir fig. 1 et fig. 2)

- Reliez, puis fixez la tige statif (h) au tube statif (f).
- Montez l'unité à coussinet de pivotement (j) sur le tube statif (f) et serrez-la avec la vis de fixation.
- Montez la poulie de renvoi (n) dans le tube statif (f) et serrez-la avec la vis de fixation.
- Installez et fixez l'unité Démarrage/Arrêt sur le tube statif (e), puis glissez-la sur la tige statif (h).

Avant de commencer l'expérience, vous devez d'abord ajuster le système de rotation.

- Posez le disque de nivellement dans l'engorgement circulaire de l'unité à coussinet de pivotement.
- Fixez le tuyau du compresseur au raccordement (k).
- Reliez le compresseur au secteur et mettez-le en marche.
- Les vis d'ajustage (g et m) permettent de corriger l'inclinaison de deux plans (voir la fig. 3).

La correction est suffisante lorsque le disque de nivellement vacille de manière uniforme au-dessus de la surface du coussinet de pivotement.

- Placez la poulie tournante (i) avec la barre porte-poids et la poulie à étages sur l'unité à coussinet de pivotement (j).
- Glissez l'unité Démarrage/Arrêt vers la poulie tournante et fixez-la avec la vis de fixation. La mousse du pointeur (a) doit toucher légèrement le bord de la poulie tournante.

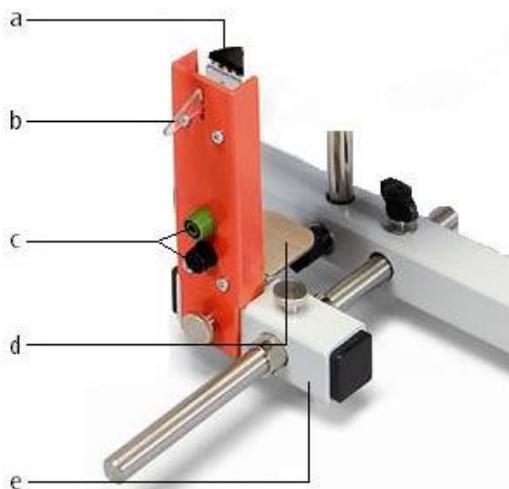


Fig. 1 Montage de l'unité Démarrage/Arrêt : a Pointeur, b Levier de déclenchement, c Bornes pour starter, d Tube statif, e Console pour capteur réflexe laser

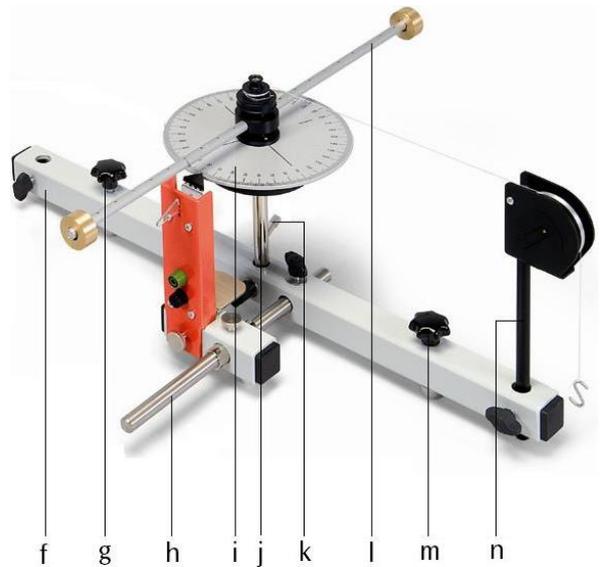


Fig. 2 Montage du système de rotation : f Tube statif, g Vis d'ajustage, h Tige statif, i Poulie tournante, j Unité à coussinet de pivotement, k Raccordement de tuyau, l Barre porte-poids avec poulie à étages et masses supplémentaires, m Vis d'ajustage, n Poulie de renvoi

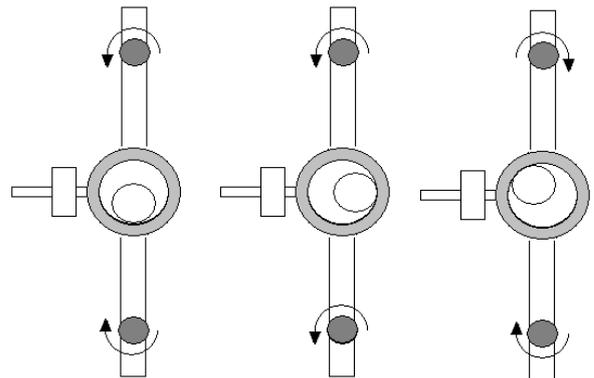


Fig. 3 Ajustage du système de rotation

### 6.2 Réglage de l'alimentation d'air

- Ne réglez le débit d'air qu'avec le robinet (p).



Fig. 4 Alimentation d'air : o Générateur de courant d'air, p Robinet, q Tuyau

## 7. Exemples d'expériences

Pour mesurer le temps, le matériel supplémentaire suivant est recommandé :

1 chronomètre mécanique	1003369
ou	
1 capteur réflexe laser	1001034
et	
1 compteur numérique @115 V	1001032
ou	
1 compteur numérique @230 V	1001033

### 7.1 Mouvement de rotation à accélération uniforme

7.1.1 Réalisation d'un diagramme angle de rotation - temps

Paramètres recommandés :

Masse d'accélération  $m_M = 2$  g

Poulie à étages  $r_M = 10$  mm

Masse supplémentaire  $m_J = 25$  g écart  $r_J = 170$  mm

Angle de rotation  $\varphi = 10^\circ, 40^\circ, 90^\circ, 160^\circ, 250^\circ$

- Glissez sur la barre porte-poids les masses supplémentaires qui doivent toutes présenter le même écart avec l'axe de rotation.
- Fixez le fil de couture au pivot métallique de la poulie tournante et enroulez-le 5 à 6 fois autour de la poulie à étages.
- Placez l'autre extrémité du fil sur la poulie de renvoi et nouez-y l'un des crochets en S.
- Fixez le crochet en S de manière à ce qu'il pende au-dessus de la table.
- Tournez la poulie tournante dans la position angulaire souhaitée et fixez-la avec le pointeur.
- Mettez le compresseur en service.
- Appuyez le levier vers le bas et déclenchez le mouvement de rotation. En même temps, lancez la mesure du temps avec le chronomètre.
- Lors du passage à zéro (le repère zéro passe sur la position du pointeur), arrêtez la mesure et notez le temps indiqué par le chronomètre.
- Déterminez les temps pour différents angles de rotation et réalisez un diagramme  $t-\varphi$ .

Pour les paramètres recommandés, vous obtenez les temps suivants :

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

### 7.2 Accélération angulaire en fonction du couple de rotation

7.2.1 Accélération angulaire en fonction de la masse d'accélération

Paramètres recommandés :

Angle de rotation  $\varphi = 90^\circ$

Masse supplémentaire  $m_J = 50$  g écart  $r_J = 210$  mm

Poulie à étages  $r_M = 10$  mm

Masses d'accélération  $m_M = 1$  g, 2 g, 3 g, 4 g

- Montez l'expérience comme décrit au paragraphe 6.1.
- Déterminez les temps pour le même angle de rotation avec différentes masses d'accélération  $m_M$  et calculez l'accélération angulaire correspondante  $\alpha$ .
- Représentez le rapport entre l'accélération angulaire  $\alpha$  et la masse d'accélération dans un diagramme  $m_M-\alpha$ .

7.2.2 Accélération angulaire en fonction du rayon de la poulie à étages

Paramètres recommandés :

Angle de rotation  $\varphi = 90^\circ$

Masse supplémentaire  $m_J = 50$  g écart  $r_J = 210$  mm

Masse d'accélération  $m_M = 2$  g

Rayon de la poulie à étages  $r_M = 5$  mm, 10 mm, 15 mm

- Montez l'expérience comme décrit au paragraphe 6.1.
- Déterminez les temps pour le même angle de rotation avec différents rayons de la poulie à étages  $r_M$  et calculez l'accélération angulaire correspondante  $\alpha$ .
- Représentez le rapport entre l'accélération angulaire  $\alpha$  et le rayon de la poulie à étages  $r_M$  dans un diagramme  $r_M-\alpha$ .

### 7.3 Accélération angulaire en fonction du moment d'inertie

7.3.1 Moment d'inertie en fonction de la masse supplémentaire

Paramètres recommandés :

Angle de rotation  $\varphi = 90^\circ$

Masse d'accélération  $m_M = 2$  g

Rayon de la poulie à étages  $r_M = 10$  mm

Écart  $r_J = 210$  mm

Masse supplémentaire  $m_J = 0$  g, 12,5 g, 25 g, 50 g

- Montez l'expérience comme décrit au paragraphe 6.1.
- Déterminez les temps pour le même angle de rotation avec différentes masses supplémentaires  $m_J$  et le même écart  $r_J$ , puis calculez le moment d'inertie correspondant  $J$ .
- Représentez le rapport entre le moment d'inertie  $J$  et la masse supplémentaire  $m_J$  dans un diagramme  $m_J$ - $J$ .

### 7.3.2 Moment d'inertie en fonction de l'écart de la masse supplémentaire avec l'axe de rotation

Paramètres recommandés :

Angle de rotation  $\varphi = 90^\circ$

Masse d'accélération  $m_M = 2 \text{ g}$

Rayon de la poulie à étages  $r_M = 10 \text{ mm}$

Masse supplémentaire  $m_J = 50 \text{ g}$

Écart  $r_J = 30 \text{ mm}, 50 \text{ mm}, 70 \text{ mm}, \dots 210 \text{ mm}$

- Montez l'expérience comme décrit au paragraphe 6.1.
- Déterminez les temps pour le même angle de rotation avec différents écarts  $r_J$  des masses supplémentaires, puis calculez le moment d'inertie correspondant  $J$ .
- Représentez le rapport entre le moment d'inertie  $J$  et l'écart  $r_J$  des masses supplémentaires dans un diagramme  $r_J$ - $J$ .

### 7.4 Mesure de temps avec le compteur numérique et le capteur réflexe laser

L'unité Démarrage/Arrêt et le capteur réflexe laser permettent des mesures précises sur des segments angulaires définis (voir fig. 1). Le levier (8) permet le déverrouillage mécanique de la poulie tournante et, en même temps, ouvre un contact entre les bornes (6) et déclenche la mesure de temps. Le capteur réflexe laser permet un arrêt sans contact ni temporisation de la mesure.

**Avertissement : Ne regardez jamais dans le rayon laser !**

- Placez le capteur réflexe laser sur la console de l'unité Démarrage/Arrêt (fixation magnétique).
- Reliez l'unité Démarrage/Arrêt à l'entrée de démarrage et le capteur réflexe laser à l'entrée d'arrêt du compteur.
- Déplacez le capteur réflexe laser de manière à ce que la lumière traverse l'alésage de la position  $0^\circ$ . (Note : recouvrez le trou avec un morceau de papier. Le rayon laser est bien visible à travers le papier.)
- Tournez la poulie tournante dans la position angulaire souhaitée et fixez-la avec le

pointeur, le levier étant en position supérieure. Le pointeur ne touche que légèrement le bord de la poulie tournante.

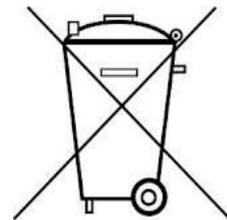
- Appuyez le levier vers le bas et déclenchez ainsi le mouvement de rotation et la mesure de temps.

La mesure est arrêtée lorsque la lumière du laser rencontre l'alésage de la position  $0^\circ$  ou un repère sur la partie inférieure de la grande poulie tournante (sur le jeu complémentaire).

## 8. Traitement des déchets

- L'emballage doit être déposé aux centres de recyclage locaux.

- Si l'appareil doit être jeté, ne pas le jeter dans les ordures ménagères. Il est important de respecter les consignes locales relatives au traitement des déchets électriques.



- N'éliminez jamais les piles déchargées avec les ordures ménagères ! Veillez à respecter les prescriptions locales en vigueur (All. : BattG ; UE : 2006/66/CE).