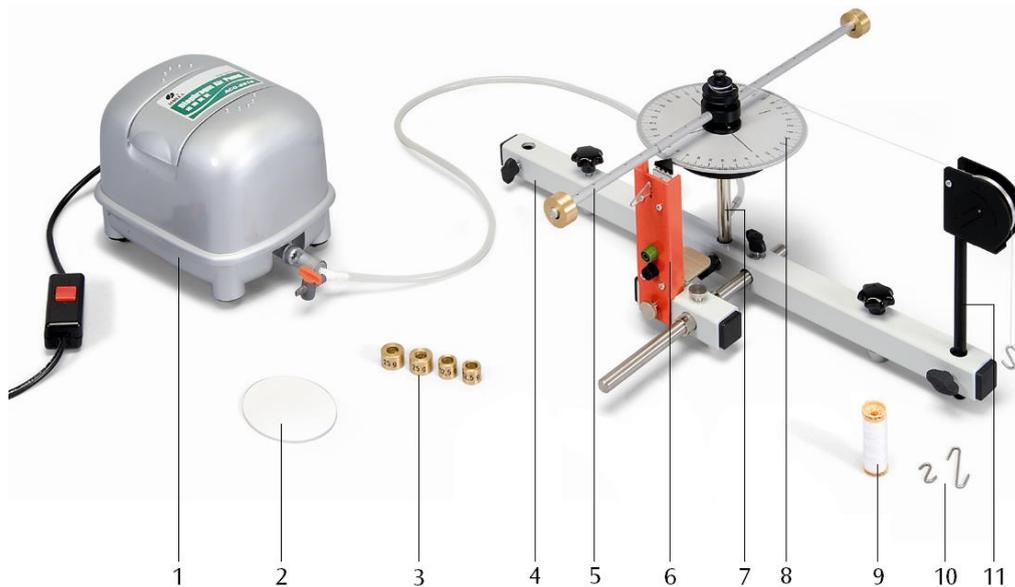


## Sistema giratorio sobre cojín neumático

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

### Instrucciones de uso

09/15 ALF



- 1 Generador de corriente de aire
- 2 Disco de nivelación
- 3 Masas adicionales
- 4 Tubo soporte, largo
- 5 Varilla transversal de haltera
- 6 Unidad de Marcha/Parada

- 7 Unidad de soporte giratorio
- 7 Unidad de soporte giratorio
- 8 Disco giratorio
- 9 Gamrolle
- 10 Ganchos en S
- 11 Polea de desviación

### 1. Advertencias de seguridad

El sistema giratorio sobre cojín neumático es un sistema de aparatos de alta sensibilidad.

- Proteja el disco giratorio y el soporte giratorio contra daños mecánicos.
- Proteja en sistema de aparatos contra contaminaciones, polvo y líquidos.

Al utilizar un sensor de reflexión de láser de deben tener en cuenta las prescripciones referentes al uso de un láser.

- Nunca se debe mirar directamente en el rayo del Láser.

### 2. Descripción

El sistema giratorio sobre cojín neumático es un sistema de aparatos para el estudio de movimientos de rotación libres de fricción sobre los siguientes temas:

- Movimientos de rotación uniforme y uniformemente acelerado
- Ecuaciones de movimiento de Newton para el movimiento de rotación
- Momento de inercia y par de fuerzas

El sistema de aparatos es apropiado tanto para la demostrar claramente y estudiar detalladamente las leyes físicas de la cinemática y la dinámica del movimiento de rotación, por medio de

experimentos de alumnos y en laboratorios de prácticas.

Un disco giratorio pequeño lleva una varilla transversal (varilla de haltera) para el soporte de masas. El disco giratorio se encuentra sobre un cojín de neumático y permite así movimientos de rotación, casi libres de fricción, pasando el eje de rotación por medio de una unidad de centrado prevista. Usando una polea escalonada, una de desviación y una cuerda se transmite como fuerza el peso de la masa de accionamiento enganchada.

Gracias a la fricción tan reducida, bastan pares de fuerza mínimos para generar un movimiento de rotación así que la influencia de la inercia de la masa que acelera está por debajo del uno por mil, también en los casos de momentos de inercia mínimos del sistema. Además movimientos de rotación que se extiendan por más de varios segundos se pueden estudiar cuantitativamente sólo con la vista y con un cronómetro de mano.

Para mediciones más precisas se recomienda el empleo de un contador digital, el cual se pone en marcha por la unidad de Marcha/Parada la que al paso por cero se deja detener por medio de la señal de un sensor de reflexión de Láser.

El generador de corriente de aire del sistema sobre cojín neumático 1000781 está diseñado para una tensión de red de 115 V ( $\pm 10\%$ ); el del sistema de aparatos 1000782 correspondientemente para 230 V ( $\pm 10\%$ ).

Experimentos para el estudio de oscilaciones angulares y de movimientos de rotación ambos, con fricción reducida, se hacen posibles con el juego de aparatos adicional del sistema giratorio sobre cojín neumático 1000783.

### 3. Volumen de entrega

- 1 Unidad de soporte giratorio
- 1 Disco giratorio con varilla transversal de haltera
- 1 Polea escalonada
- 1 Unidad de Marcha/Parada
- 3 Ganchos en S (2x 1 g, 1x 2g)
- 1 Masas adicionales (2x 12,5 g, 2x 25 g, 2x 50 g)
- 1 Generador de corriente de aire con fuente de alimentación enchufable
- 1 Manguera de silicona con llave
- 1 Polea de desviación
- 1 Tubo soporte, largo
- 1 Tubo soporte, corto
- 1 Varilla soporte
- 1 Disco de nivelación
- 1 Carrete de hilo de coser

### 4. Datos técnicos

Escala angular:	0 – 360°
Divisiones de escala:	1°
Longitud de la varilla transversal:	aprox. 440 mm
Radios de la retícula de huecos:	30 – 210 mm
Pasos de la retícula de huecos:	20 mm
Radios de la polea escalonada:	5 / 10 / 15 mm
Momento de inercia del disco giratorio con la varilla transversal:	aprox. 0,9 g m <sup>2</sup>
Momento de inercia max.:	aprox. 7,1 g m <sup>2</sup>
Par de fuerzas de accionamiento min.:	aprox. 0,05 mN m
Par de fuerzas de accionamiento max.:	aprox. 0,60 mN m

### 5. Fundamentos generales

En analogía con las ecuaciones de Newton para el movimiento de translación se establece: Un cuerpo rígido con un momento de inercia  $J$ , colocado en tal forma que pueda girar, experimenta una aceleración angular  $\alpha$  cuando el par de fuerzas  $M$  actúa sobre él, se tiene la relación:

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

Si sobre el cuerpo rígido actúa un par de fuerzas constante, éste realiza un movimiento de rotación con aceleración angular constante.

En el tiempo  $t$  el cuerpo rota un ángulo igual:

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

A partir de esta relación se obtiene la aceleración angular  $\alpha$

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

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

El par de fuerzas  $M$  se origina por la fuerza originada por el peso de la masa  $m_M$ , que actúa sobre el cuerpo a una distancia  $r_M$  del eje de rotación.

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

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$ : Aceleración de caída libre

Se fijan adicionalmente dos masas  $m_J$  en la varilla de haltera a una distancia fija  $r_J$  con respecto al eje de rotación, el momento de inercia del sistema se aumenta de acuerdo con:

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

$J_0$ : Momento de inercia sin las masas adicionales

## 6. Manejo

### 6.1 Montaje (ver Figs. 1 y 2)

- Se conecta y se fija la varilla soporte (h) con el tubo soporte (f).
- La unidad de soporte giratorio (j) se monta sobre el tubo soporte (f) y se aprieta el tornillo de enclavamiento.
- Se monta la polea de desviación (n) en el tubo soporte (f) y se fija con el tornillo de enclavamiento.
- Se coloca la unidad de Marcha/Parada sobre el tubo soporte (e), se fija y se desplaza sobre la varilla soporte (h).

Antes de iniciar el experimento se debe orientar el sistema giratorio y también antes de poder continuar con el montaje siguiente.

- Se coloca el disco de nivelación en la depresión redonda de la unidad de soporte giratorio.
- Se fija la manguera del compresor en el empalme de manguera (k).
- Se conecta al compresor a la red y se pone en marcha.
- Con los tornillos de ajuste (g y m) es posible realizar una corrección de la inclinación en dos planos (ver Fig. 3).

La corrección de la posición es suficiente cuando el disco de nivelación bambolea uniformemente sobre la superficie del soporte giratorio .

- El disco giratorio (i) junto con la varilla de haltera y la polea escalonada se coloca sobre la unidad de soporte giratorio (j).
- Se desliza la unidad de Marcha/Parada hacia el disco giratorio y se fija con un tornillo de enclavamiento. La gomaespuma del índice (a) debe rozar muy levemente el borde del disco giratorio.

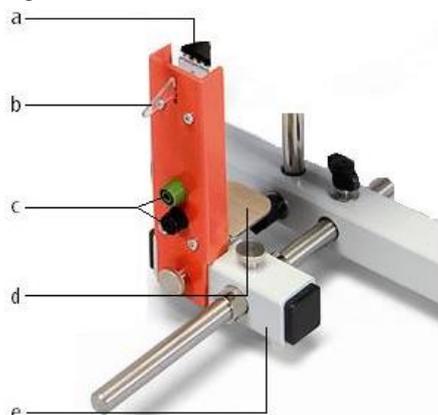


Fig. 1 Montaje de la unidad Marcha/Parada: (a) Índice, (b) Palanca de liberación, (c) Casquillos para el arranque, (d) Consola para el sensor de reflexión de Láser, (e) Tubo soporte

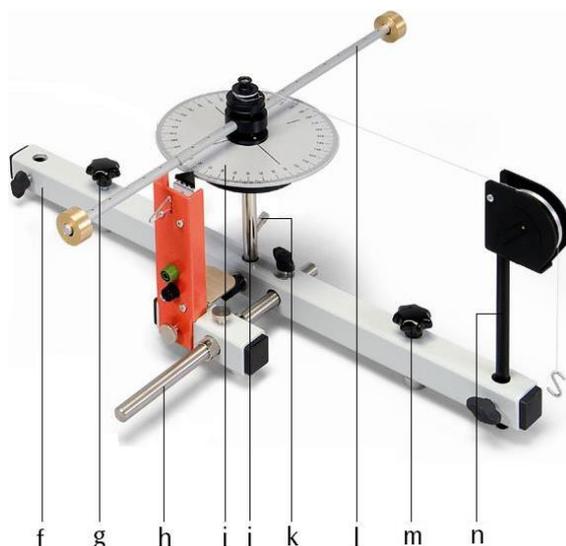


Fig. 2 Montaje del sistema giratorio: (f) Tubo soporte, (g) Tornillo de ajuste, (h) Varilla soporte, (i) Disco giratorio, (j) Unidad de soporte giratorio, (k) Empalme de manguera, (l) Varilla de haltera con polea escalonada y masas adicionales, (m) Tornillo de ajuste, (n) Polea de desviación

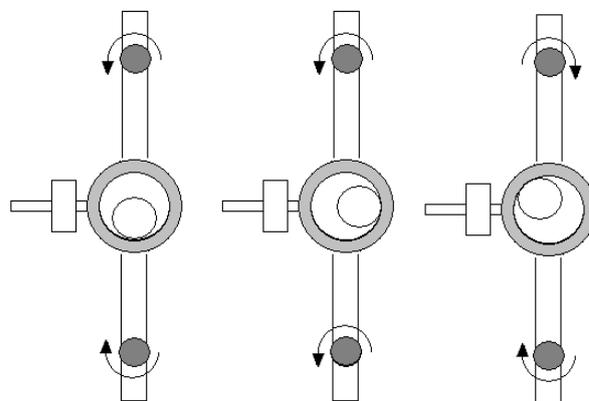


Fig. 3 Orientación del sistema giratorio

### 6.2 Regulación de la entrada de aire

- El caudal de aire se regula sólo con la llave (p).



Fig. 4 Entrada de aire: (o) Generador de corriente de aire, (p) Llave, (q) Manguera

## 7. Ejemplos de experimentación

Para la medición de los tiempos se recomiendan los siguientes aparatos:

1 Cronómetro mecánico	1003369
o	
1 Sensor de reflexión de Láser	1001034
y	
1 Contador digital @115 V	1001032
o	
1 Contador digital @230 V	1001033

### 7.1 Movimiento de rotación uniformemente acelerado

#### 7.1.1 Elaboración de un diagrama Ángulo de rotación - Tiempo

Parámetros recomendados:

Masa de aceleración  $m_M = 2$  g

Polea escalonada  $r_M = 10$  mm

Masa adicional  $m_J = 25$  g; Distancia  $r_J = 170$  mm

Ángulo de rotación  $\varphi = 10^\circ, 40^\circ, 90^\circ, 160^\circ, 250^\circ$

- Deslizar las masas adicionales sobre la varilla de haltera a la misma distancia a uno y otro lado del eje de rotación.
- Se fija el hilo de coser en la espiga metálica del disco giratorio y se enrolla unas 5 ó 6 veces en un disco escalón de la polea escalonada.
- El otro extremo del hilo se hace pasar sobre la polea de desviación y se fija con un nudo uno de los ganchos en S.
- El gancho en S se cuelga que quede más allá del borde de la mesa.
- Se gira el disco giratorio a la posición angular deseada y se enclava con el índice.
- Se pone en marcha el compresor.
- Se presiona hacia abajo la palanca para iniciar el movimiento de rotación. Al mismo tiempo se pone en marcha la medición del tiempo con el cronómetro.
- Al paso por cero (Marca "cero" de la posición del índice) se detiene la medición del tiempo: Se lee y se anota el tiempo medido.
- Se determinan los tiempos para diferentes ángulos de rotación y se elabora un diagrama  $t-\varphi$ .

Con los parámetros recomendados se obtienen los siguientes tiempos:

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

### 7.2 Aceleración angular en dependencia con el par de fuerzas

#### 7.2.1 Aceleración angular en dependencia con la masa de aceleración

Parámetros recomendados:

Ángulo de rotación  $\varphi = 90^\circ$

Masa adicional  $m_J = 50$  g; Distancia  $r_J = 210$  mm

Polea escalonada  $r_M = 10$  mm

Masas de aceleración  $m_M = 1$  g, 2 g, 3 g, 4 g

- Montaje experimental como se describe en el punto 6.1.
- Se determinan los tiempos para el mismo ángulo de rotación con diferentes masas de accionamiento  $m_M$  y se calcula la correspondiente aceleración angular  $\alpha$ .
- Representar la dependencia de la aceleración angular  $\alpha$  con la masa de aceleración en un diagrama  $m_M-\alpha$ .

#### 7.2.2 Aceleración angular en dependencia con el radio de la polea escalonada.

Parámetros recomendados:

Ángulo de rotación  $\varphi = 90^\circ$

Masa adicional  $m_J = 50$  g; Distancia  $r_J = 210$  mm

Masa de aceleración  $m_M = 2$  g

Radio de la polea escalonada  $r_M = 5$  mm, 10 mm, 15 mm

- Montaje experimental como se describe en el punto 6.1.
- Se determinan los tiempos para el mismo ángulo de rotación con diferentes radios de la polea escalonada  $r_M$  y se calcula la correspondiente aceleración angular  $\alpha$ .
- Se representa en un diagrama  $r_M-\alpha$  la dependencia de la aceleración angular  $\alpha$  con el radio de la polea  $r_M$ .

### 7.3 Aceleración angular en dependencia con el momento de inercia

#### 7.3.1 Momento de inercia en dependencia con las masas adicionales

Parámetros recomendados:

Ángulo  $\varphi = 90^\circ$

Masa de aceleración  $m_M = 2$  g

Radio de la polea escalonada  $r_M = 10$  mm

Masas adicionales  $m_J = 0$  g, 12,5 g, 25 g, 50 g

Distancia  $r_J = 210$  mm

- Montaje experimental como se describe en el punto 6.1.
- Se determinan los tiempos para el mismo ángulo de rotación con diferentes masas

adicionales con la misma distancia  $r_J$  y se calcula el correspondiente momento de inercia  $J$ .

- Se representa en un diagrama  $m_J$ - $J$  la dependencia del momento de inercia  $J$  con la masa adicional  $m_J$ .

7.3.2 Momento de inercia en dependencia con la distancia de las masas adicionales con respecto al eje de rotación

Parámetros recomendados:

Ángulo de rotación  $\varphi = 90^\circ$

Masa de aceleración  $m_M = 2 \text{ g}$

Radio del escalón de la polea  $r_M = 10 \text{ mm}$

Masa adicional  $m_J = 50 \text{ g}$

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

- Montaje experimental como se describe en el punto 6.1.
- Se determinan los tiempos para el mismo ángulo de rotación con diferentes distancias  $r_J$  de las masa adicionales y se calcula el correspondiente momento de inercia  $J$ .
- Se representa en un diagrama  $r_J$  - $J$  la dependencia del momento de inercia  $J$  con la distancia  $r_J$  de las masas adicionales.

#### 7.4 Medición de tiempos con el contador digital y el sensor de reflexión de Láser

Con la unidad de Marcha/Parada y el sensor de reflexión de Láser es posible realizar mediciones exactas con un segmento angular definido (ver Fig. 1). Accionando la palanca (8) se realiza el desbloqueo mecánico del disco giratorio y al mismo tiempo se abre un contacto de mando entre los casquillos (6) iniciando así la medición del tiempo. El sensor de reflexión de Láser hace posible detención del proceso de medición de tiempos sin contacto directo y libre de retardo.

**Advertencia: ¡Nunca se debe mirar directamente en el rayo de Láser!**

- Se coloca el sensor de reflexión de Láser sobre la consola de la unidad de Marcha/Parada (fijación magnética).
- La unidad de Marcha/Parada se conecta con la entrada "Start" del sensor de reflexión de Láser y con la entrada "Stop" del contador.
- El sensor de reflexión de Láser se desplaza de tal forma que la luz pase por el orificio  $0^\circ$ . (Observación: El orificio se tapa con una banda de papel. La luz del Láser se puede observar bien a través del papel.)
- El disco giratorio se gira a la posición angular deseada y se enclava con índice, estando la posición de la palanca hacia arriba. En este

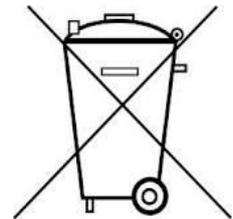
caso el índice el índice roza muy levemente el borde del disco giratorio.

- Se presiona la palanca hacia abajo de tal forma que se disparen al mismo tiempo el movimiento de rotación y la medición del tiempo.

La medición del tiempo se detiene cuando la luz del Láser incide sobre la posición  $0^\circ$  o sobre una marca en la parte inferior del disco giratorio grande (del juego de aparatos adicional).

#### 8. Desecho

- El embalaje se desecha en los lugares locales para reciclaje.
- En caso de que el propio aparato se deba desechar como chatarra, no se debe deponer entre los desechos domésticos normales. Se deben cumplir las prescripciones locales para el desecho de chatarra eléctrica.



- Nunca deseche las baterías descargadas en los basuras domésticas. Siga siempre las prescripciones legales del lugar de trabajo (D: BattG; EU: 2006/66/EG).