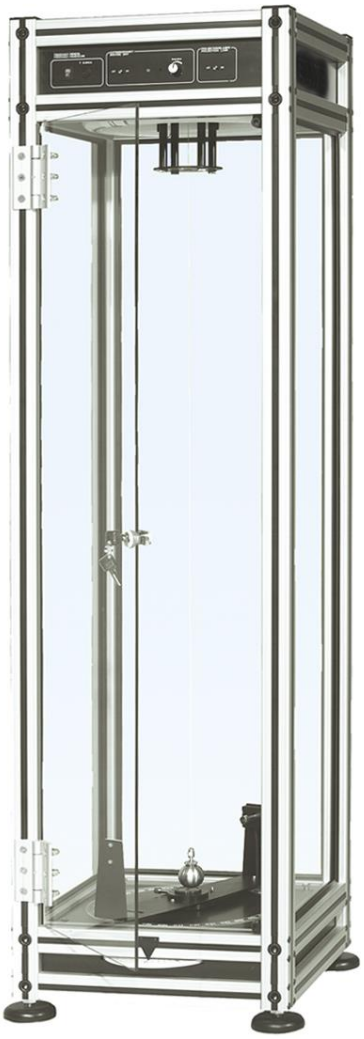
3B SCIENTIFIC® PHYSICS

...going one step further

Foucault-Pendel @115 V 1000747
Foucault-Pendel @230 V 1000748

Bedienungsanleitung

06/15 ALF



1. Sicherheitshinweise

- Glasgehäuse keinen mechanischen Belastungen aussetzen. Bruch- und damit Verletzungsgefahr!
- Hinweise zur Aufstellung beachten (4.1 Aufbau).
- Elektrische Anregung so einstellen, dass die Kugel die Glaswand nicht berührt.

2. Beschreibung

Das Foucault-Pendel dient der quantitativen Messung und dem qualitativen Nachweis der Erdrotation.

Im Jahr 1850 zeigte der Franzose Foucault zum ersten Mal mit einem Pendel, dass die Erde sich dreht. Er benutzte dafür ein Pendel mit einem Gewicht von 28 kg und 67 m Länge.

Das 3B-Foucault-Pendel ist ein Kompaktgerät, bei dem die Amplitude des Pendels durch kontinuierliche Anregung konstant gehalten wird. Ein Charron-Ring (siehe Fig. 2) verhindert eine elliptische Bewegung. Dadurch sind Langzeitmessungen möglich. Eine Messvorrichtung mit Winkelminuteneinteilung (Fig. 1) ermöglicht genaue Messungen innerhalb kurzer Zeit. Das Gehäuse ist von allen Seiten gut einsehbar und erlaubt so mehreren Beobachtern gleichzeitig die Veränderung der Schwingungsrichtung zu verfolgen. Das Gerät kann während des Versuchs, ohne Öffnung der Tür, bedient werden. Ein genaues Justieren des Foucault-Pendels ist leicht mit dem Zubehör durchzuführen.

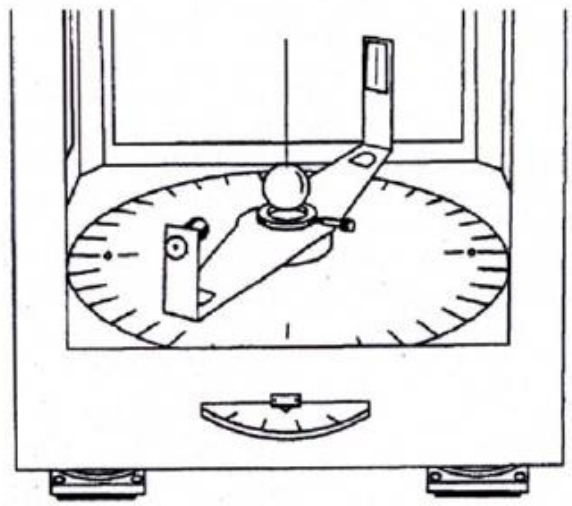


Fig. 1 Winkelmesseinrichtung

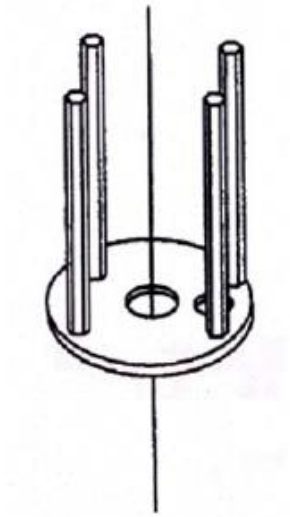


Fig. 2 Charron-Ring

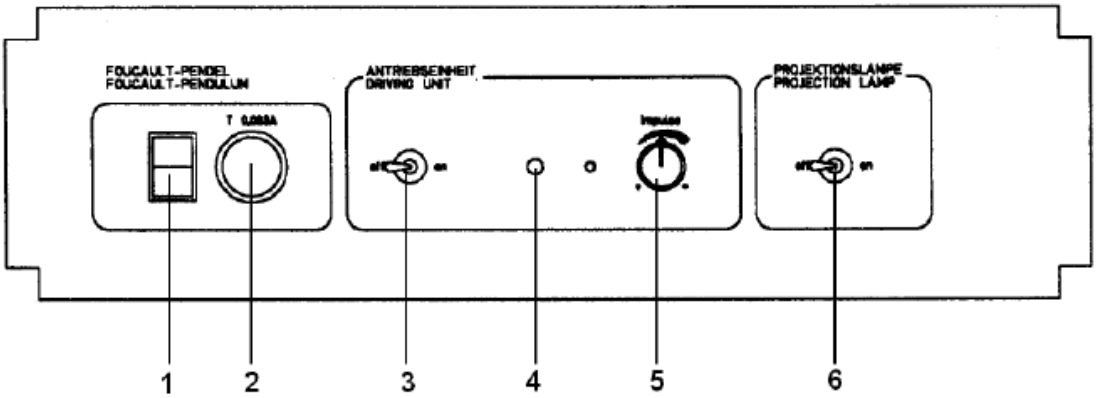


Fig. 3 Bedienfeld 1 Hauptschalter, 2 Sicherung, 3 Schalter Antriebseinheit, 4 Kontrollleuchte, 5 Impulsregler, 6 Schalter Projektionslampe

2.1 Grundsätzliche Funktionen

2.1.1 Kontinuierliches Schwingen des Pendels

Ein Elektromagnet mit radialsymmetrischem Magnetfeld ist genau in der Mitte der Pendelbahn montiert. Der Magnet wirkt nur dann, wenn sich das Pendel auf den Mittelpunkt zu bewegt. Der Elektromagnet wird durch eine Fotozelle gesteuert, die den Schatten der Pendelbewegung durch das Licht einer eingebauten Leuchtstofflampe registriert. Das Pendel wird so angeregt, dass seine Amplitude konstant bleibt.

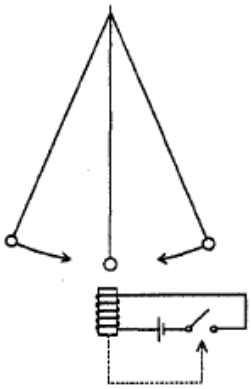


Fig. 4

2.1.2 Messung des Drehwinkels

Die Winkelgeschwindigkeit der Pendelrotation ω beträgt:

$\omega = \omega_e * \sin \theta$

mit ω_e = Winkelgeschwindigkeit der Erde (= 360° / Tag = 15° / Stunde) und θ = Breitengrad des Versuchsortes.

In mittleren Breiten dreht die Pendelebene ca. 8° – 13° pro Stunde. Das Foucault-Pendel ermöglicht es mit seiner Messeinrichtung (siehe Fig. 5) Messungen bereits in wenigen Minuten Unterrichtszeit durchzuführen.

Bei der Situation in Fig. 5c die Lichtquelle nachführen, bis sich die Fadenprojektion auf dem Schirm nicht mehr bewegt (Fig. 5b). Damit ist die momentane Schwingungsebene genau bestimmt. Eine Untersetzung der Skala von 36:1 ermöglicht es Winkel von weniger als 1° zu messen.

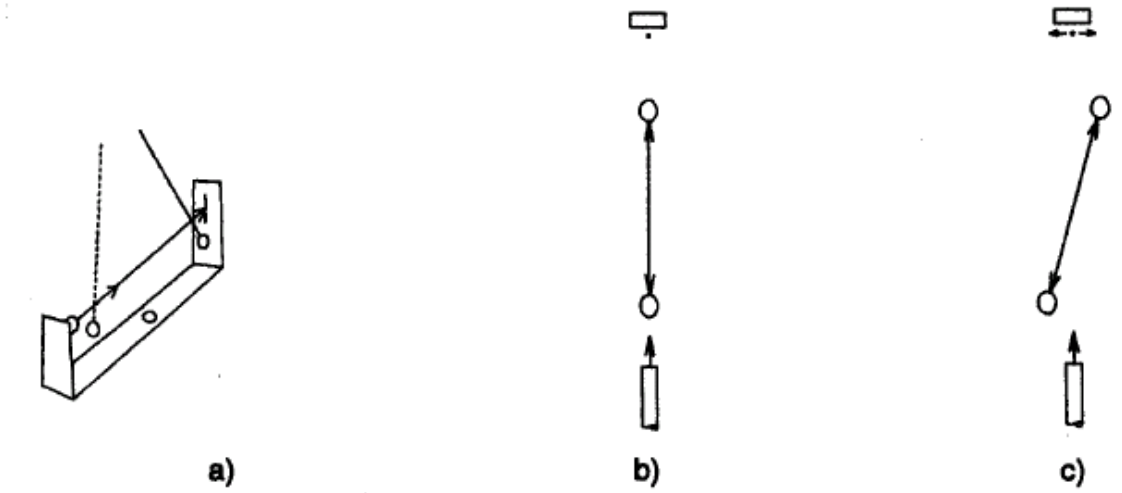


Fig. 5 Winkelmessung durch Schattenprojektion (Pendelschwingung von oben gesehen)

2.1.3 Verhinderung einer elliptischen Schwingung des Pendels

Beim Experiment muss das Pendel in einer Ebene schwingen (Fig. 6b). Wenn das Pendel elliptisch zu schwingen beginnt (Fig. 6c), beeinflussen neben der Erdrotation noch andere Faktoren seine Drehbewegung. Korrekte Messergebnisse sind dann nicht zu erwarten.

Um elliptische Schwingungen zu verhindern, wird beim Foucault-Pendel ein Ring verwendet (siehe Fig. 2). Der Ring beeinflusst bei optimaler Amplitudeneinstellung nicht die Pendelebene. Er dämpft aber eine Bewegungskomponente senkrecht zur Pendelbewegung im Umkehrpunkt.

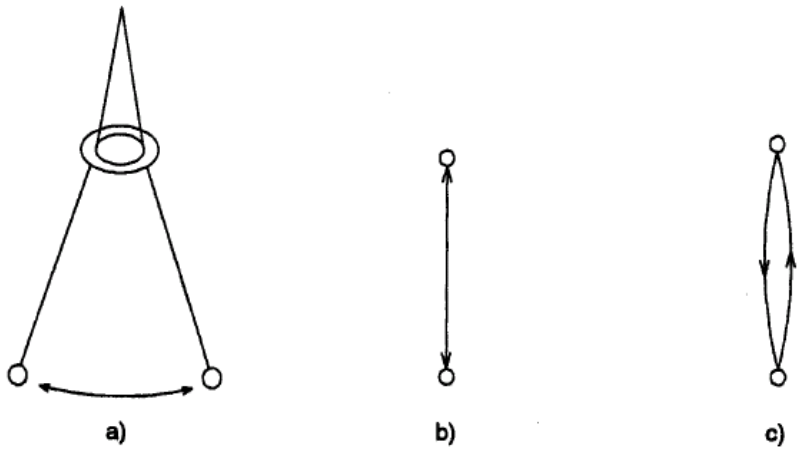


Fig. 6 Verhindern von elliptischen Schwingungen (Pendelschwingung von oben gesehen)

3. Technische Daten

Aufhängefaden:	120 cm
Metallpendelkugel:	38 mm Ø, 230 g
Winkelscheibe:	340 mm Ø, 360°
Teilung:	Nonius 0,1°
Fadenprojektion durch zuschaltbaren Lichtstrahl	
Linsenglühlampe:	E10 3,7 V, 0,3 A
Anregung:	Pulsierender Anregungsmechanismus, elektromagnetisch, eingebaute Fotozelle zur Synchronisation, Knopf zur Amplitudenregelung, Kontrolllampe für Anregung
Gehäuse:	Verglastes Metallgehäuse mit Tür, 40 x 40 x 150 cm^3 4 Einstellfüße für lotrechte Aufstellung
Beleuchtung:	Leuchtstoffröhre 36 W
Stromversorgung:	
1000747:	115 V, 50/60 Hz
1000748:	230 V, 50/60 Hz
Netzsicherung:	0,063 A, träge

4. Bedienung

4.1 Aufbau

4.1.1 Aufstellung

- Foucault-Pendel auf einen horizontalen Platz mit stabiler Grundlage aufstellen.
- Gehäuse und Ring mit den Händen auf Vibrationen überprüfen. Sollten Vibrationen spürbar sein, ist dieser Platz ungeeignet. Bei schwingungsfähigen Böden ist eine Stelle zu wählen, die nicht unmittelbar von vielen Personen frequentiert wird. Besonders auf Klimaanlagen bzw. andere schwingungserzeugende Geräte achten.
- Direkte Sonneneinstrahlung vermeiden, da dies die Wahrnehmung des projizierten Fadens erschweren oder eventuell Fehlfunktionen der Fotozelle verursachen kann.

4.1.2 Montage des Pendels

- Abstand zwischen der Pendelkugel und dem Elektromagneten auf ca. 3 mm einstellen. Dieser Abstand ist erreicht, wenn die Kugel die aufgelegte Justagescheibe gerade berührt (siehe Fig. 7). Bei zu großem Abstand ist die Wirkung des Anregungsmechanismus schwächer.
- Hängt die Kugel längere Zeit, so sollte der Abstand überprüft werden, da der Faden sich um 1 bis 2 mm dehnen kann.

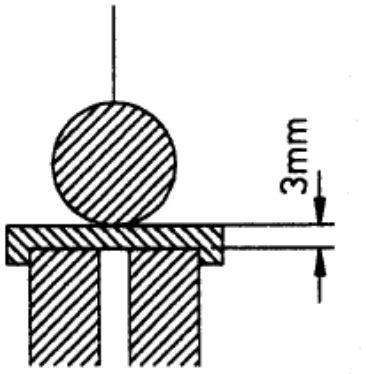


Fig. 7 Abstand zwischen der Pendelkugel und dem Elektromagneten

4.1.3 Horizontale Justierung

- Justagezylinder auf die Messvorrichtung stecken und die Pendelkugel in diesen stecken (siehe Fig. 8).
- Zur Justierung die Einstellfüße verdrehen. Das Einstellen geht leichter, wenn gleichzeitig zwei Füße gedreht werden.
- Die Kugel muss genau in der Mitte des Zylinders hängen.

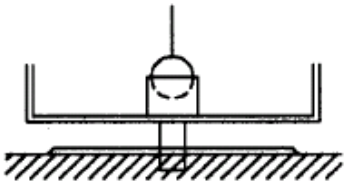


Fig. 8 Horizontale Justierung

4.1.4 Fadenprojektion

- Nach Zuschalten der Projektionslampe bei eingehängter Kugel im Justagezylinder muss die Fadenprojektion auf dem Schirm den vertikalen Strich abdecken.
- Diese werkseitige Einstellung muss bei einem Glühlampenwechsel ggf. erneut durchgeführt werden (siehe 4.3).

4.2 Versuchsdurchführung

- Überprüfen, ob alle in 4.1 beschriebenen Vorbereitungen ausgeführt wurden.
- Wenn der Versuch nur mit der natürlichen Schwingung des Pendels durchgeführt werden soll, muss der Schalter für die Pendelanregung auf „AUS“ stehen. In diesem Fall geht die Schwingung des Pendels in 15 min auf weniger als 1/3 zurück. Die Messungen sollten in dieser Zeit vorgenommen werden.

- Wird mit Anregung gearbeitet, sollte die Amplitude ca. 5 min lang beobachtet und ggf. mit dem Einstellknopf für die Anregung korrigiert werden.
- Pendelkugel mit der Hand auslenken und loslassen. Das Pendel muss in einer Ebene schwingen. Falls es elliptisch schwingt, Versuch abbrechen und erneut starten.
- Tür vorsichtig schließen.
- Wenn die Schwingung nach einigen Minuten stabil ist, die Winkelscheibe so einstellen, dass das projizierte Abbild des Fadens mit der Grundlinie übereinstimmt.
- Die Messung des Drehwinkels wird an dem Punkt vorgenommen, an dem die Fadenprojektion auf dem Schirm bei Drehen der Winkeleinstellscheibe sich nicht mehr horizontal bewegt.
- Falls sich die Fadenprojektionseinheit beim Drehen der Winkeleinstellscheibe nicht bewegt, ist die Feststellschraube auf festen Sitz zu überprüfen.
- Den groben Winkel auf der Grundplatte und den genauen Winkel mit der Winkelfeinableseskala ablesen.

4.3 Weitere Hinweise

- Bei angeregtem Pendel muss die Leuchtstoffröhre eingeschaltet sein, da sie als Lichtquelle für den Fotosensor dient.
- Die Befestigungsschrauben für Faden und Ringplatte sollten auf festen Sitz überprüft werden, da die Messungen ungenau werden, wenn die Fadenbefestigung Spiel hat (Fig. 10).

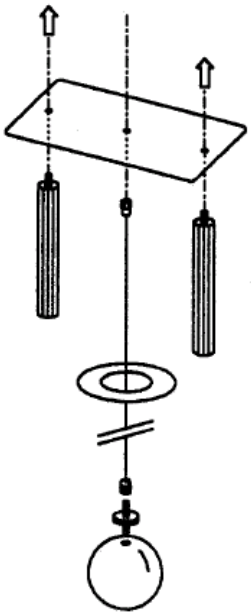


Fig. 10

- Die Zentrierung des Rings wurde werkseitig justiert. Sollte ein erneutes Einstellen notwendig sein, sind folgende Punkte zu beachten (Fig. 11):
- Das Pendel sollte mit dem Justagezylinder ausgerichtet werden (siehe 4.1.3).
- Justierring einsetzen.
- Die Schrauben auf der Unterseite des Charron-Rings lösen ohne sie vollständig herauszudrehen.
- Den Justierring in die Mitte des Charron-Rings einpassen und den Charron-Ring durch leichtes Klopfen bewegen, so dass der Faden genau durch die Mitte des Justierrings hängt.
- Schrauben anziehen ohne den Ring zu verstellen.

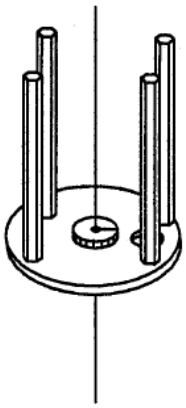


Fig. 11

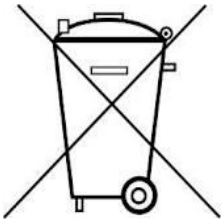
- Beim Auswechseln des Aufhängefadens ist darauf zu achten, dass die Befestigungsplatte für den Faden nicht verstellt wird, da dies eine erneute Justierung des Ringes zur Folge hätte. Der Faden sollte nach Möglichkeit nur mit seiner Befestigungsschraube gewechselt werden.
- Wenn die Amplitude des Pendels nicht genau eingestellt ist, kann sich die Pendelebene entweder zu schnell oder zu langsam drehen. Für Präzisionsmessungen wird die geeignetste Amplitude bestimmt, indem die Drehung der Schwingungsebene beobachtet wird.
- Ungenauigkeiten bei der Justierung des Gehäuses, der Zentrierung des Rings oder der Amplitude des Pendels oder schlechte Aufstellbedingungen können die Drehung des Pendels nachteilig beeinflussen und führen entweder zu einer zu langsamen oder zu schnellen Drehung.
- Wenn das Pendel unten stehen bleibt, sind mögliche Ursachen:

  Die Anregung ist abgeschaltet.
  Die Leuchtstoffröhre ist aus.

- Verdrillungen des Aufhängefadens können Messfehler zur Folge haben. Um Verdrillungen zu beseitigen, ist der Faden mit der Pendelkugel einige Stunden frei hängen zu lassen.
- Wenn die Projektionslampe nicht leuchtet, sind mögliche Ursachen:
- Die Projektionslampe ist nicht eingeschaltet.
- Die Glühlampe ist locker. Lampenhülse mit leichter Drehbewegung abziehen und die Glühlampe festdrehen.
- Die Glühlampe ist defekt. Lampenhülse mit leichter Drehbewegung abziehen und die Glühlampe austauschen.
- Die Schleifkontakte haben keinen Kontakt. Die Feststellschraube lösen und die Fadenprojektionseinheit leicht nach unten drücken und im belasteten Zustand fixieren. Bei weiterer Fehlfunktion die Feststellschraube lösen und die Fadenprojektionseinheit entfernen. Die Schleifkontakte auf mechanische Beschädigung überprüfen.
- Lässt sich die Fadenprojektion mit dem Schirm nicht auf Deckung bringen, so wird die Lampenhülse mit leichter Drehung abgezogen und der Lichtstrahl durch radialen Druck auf die Lampenfassung auf den Schirm ausgerichtet. Zur Überprüfung die Kugel in den Justierzylinder einhängen. Falls die Fadenprojektion nicht den vertikalen Strich abdeckt, muss die werkseitig vorgenommene Einstellung durchgeführt werden. Die zwei Befestigungsschrauben der Lampenfassung lockern und die Lampenfassung in horizontaler Richtung verschieben, bis die Fadenprojektion den vertikalen Strich abdeckt.

5. Aufbewahrung, Reinigung, Entsorgung

- Gerät an einem sauberen, trockenen und staubfreien Platz aufbewahren.
- Vor der Reinigung Gerät von der Stromversorgung trennen.
- Zur Reinigung keine aggressiven Reiniger oder Lösungsmittel verwenden.
- Zum Reinigen ein weiches, feuchtes Tuch benutzen.
- 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.



© Copyright 2015 3B Scientific GmbH