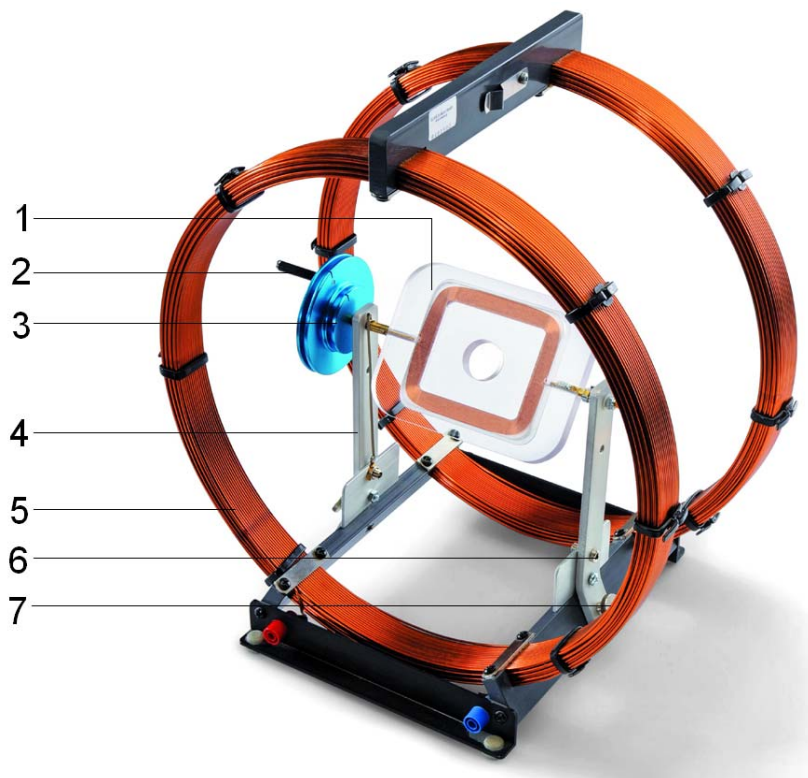


## Drehrahmen mit Flachspule 1013131

### Bedienungsanleitung

07/13 SP



- 1 Flachspule
- 2 Handkurbel
- 3 Schnurrolle
- 4 Träger
- 5 Helmholtzspulen (nicht im Lieferumfang enthalten)
- 6 4-mm-Ausgangsbuchse
- 7 Rändelschraube zur Befestigung des Trägers

#### 1. Beschreibung

Der Drehrahmen mit Flachspule dient zur Durchführung verschiedener Experimente zum Thema „Elektromagnetische Induktion“ in Verbindung mit dem Helmholtz-Spulenpaar 1000906).

Die Flachspule befindet sich in einem drehbar gelagerten Plexiglasrahmen. Die elektrische Verbindung zur Spule wird über Schleifkontakte hergestellt. Eine Schnurrolle und eine Handkurbel auf der Achse des Drehrahmens dienen zum Spulenantrieb. Die Stützen des Drehrahmens werden mittels Rändelschrauben am Quersteg der Helmholtz-Spulen befestigt.

#### 2. Technische Daten

Windungszahl:	4000
Wirksame Fläche:	41,7 cm <sup>2</sup>
Spulenhaltung:	Plexiglas
Abmessungen:	110 x 80 x 11 mm <sup>3</sup>
Länge der Träger:	ca 160 mm
Elektrische Verbindung	über Schleifkontakte
Masse:	ca. 360 g

### 3. Theoretische Grundlagen

Die Flachspule wird in einem externen magnetischen Feld gedreht, so dass eine induzierte Spannung an den Enden der Spulen gemessen werden kann.

Um eine genaue Aussage über die Höhe der induzierten Spannung machen zu können, müssen die Variablen, von denen die induzierte Spannung abhängt, bekannt sein. Es handelt sich hier um die Stärke des externen magnetischen Feldes, die Geschwindigkeit, mit der die magnetischen Feldlinien durchquert werden und die Ladung der geladenen Teilchen, die das magnetische Feld durchqueren. Diese 3 Variablen werden durch die so genannte „Lorenz Kraft“ miteinander verbunden:

$$\vec{F} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$$

Diese Kraft wirkt senkrecht zum Feld  $B$  und zur Bewegungsrichtung der geladenen Teilchen.

Durch die Form der Spule und die Beschaffenheit des Mediums, in dem sich die Teilchen bewegen, entsteht an den Enden der Kupferschleife eine durch die Anzahl von Windungen verstärkte induzierte Spannung, die sich mit einem normalen Messinstrument messen lässt.

Um eine gleichmäßige Bewegung zu erzeugen, wird die Drehspule an einen sich langsam drehenden Motor angeschlossen. Ein externes, in einem großen Raum in Stärke und Richtung konstantes magnetisches Feld wird mittels einer Anordnung von Helmholtzspulen erzeugt.

Die Ladungsträger sind die in der Kupferschleife frei beweglichen Elektronen, deren Ladung auch konstant ist.

Durch die Drehbewegung der Spule im Feld entsteht eine sinusförmige Wechselspannung:

$$U = U_m \cdot \sin \omega t \quad \text{mit} \quad U_m = n \cdot A \cdot B \cdot \omega \quad \text{und} \\ \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

$n$  = Anzahl der Windungen der Spule

$B$  = magnetische Feldstärke

$A$  = Fläche der Spule

$f$  = Drehfrequenz der Spule im Feld

$A$  und  $n$  lassen sich direkt bestimmen.  $B$  kann über die Helmholtz-Anordnung indirekt bestimmt werden. Die Drehfrequenz der Spule  $f$  kann durch die Drehfrequenz des Motor eingestellt und mittels einer Lichtschranke gemessen werden.

Die induzierte Spannung kann mit einem Oszilloskop oder mit einem Spannungsmesser mit Nullpunkt Mitte bestimmt werden.

Für sehr langsame Drehbewegungen der Flachspule kann ein Messverstärker nötig sein.

### 4. Bedienung

- Den Drehrahmen mit der Flachspule mit seinen Trägern an den Querhalterungen der Helmholtz-Spulen festschrauben, so dass sich die Flachspule in der Mitte des homogenen Feldes der Helmholtz-Spulen drehen lässt.
- Zuerst einen Vorversuch durchführen und mittels Handbetrieb die Höhe der Induktionsspannung abschätzen.
- Anschließend die Schnurrolle mittels Schnur mit dem Motor verbinden.
- In dieser Anordnungen dann die Experimente durchführen.

### 5. Experimentierbeispiele

Zur Durchführung der Experimente werden folgenden Geräte zusätzlich benötigt:

1 DC Netzgerät 20 V, 5 A (230 V, 50/60 Hz)	1003312
oder	
1 DC Netzgerät 20 V, 5 A (115 V, 50/60 Hz)	1003311
2 Multimeter Escola 10	1006810
1 Helmholtz-Spulenpaar	1000906

#### 5.1 Spannungsinduktion im Magnetfeld

- Helmholtz-Spulen auf der Tischplatte aufstellen und über ein Amperemeter mit der Gleichstromversorgung in Reihe schalten.
- Den Drehrahmen mit der Flachspule mit seinen Trägern an den Querhalterungen der Helmholtz-Spulen festschrauben, so dass sich die Flachspule in der Mitte des homogenen Feldes der Helmholtz-Spulen drehen lässt.
- Voltmeter mit Nullpunkt Mitte direkt an die Flachspule anschließen.
- Strom von ca. 1,5 A als Versorgung für die Spulen einstellen.
- Handkurbel betätigen und den Ausschlag im Voltmeter beobachten.
- Drehgeschwindigkeit verändern, bis ein großer Ausschlag erreicht wird. Die Drehgeschwindigkeit muss niedrig sein.

Zur Erreichung einer konstanten Drehgeschwindigkeit empfiehlt es sich den Drehrahmen über einen langsam drehenden Motor (z. B. Gleichstrommotor, 12 V 1001041) anzutreiben.

Der genaue Spannungsverlauf kann auch mit einem Oszilloskop beobachtet und gemessen werden.

## 5.2. Bestimmung des Erdfeldes aus der Induktionsspannung

Mit demselben Versuchsaufbau kann auch das magnetische Erdfeld gemessen werden.

- Helmholtzspulen so ausrichten, dass die Magnetfelder der Helmholtzspule und der Erde parallel verlaufen
- Flachspule drehen und Spannung beobachten.
- Strom an der Helmholtzspule hoch drehen bis keine Induktionsspannung an den Ausgängen der Flachspule anliegt. (Kompensation des Erdmagnetfeldes durch das Feld der Helmholtzspule)
- Die Berechnung des Magnetfelds in den Spulen, wenn der induzierte Strom gleich Null ist, ergibt die Größe des Erdmagnetfelds.

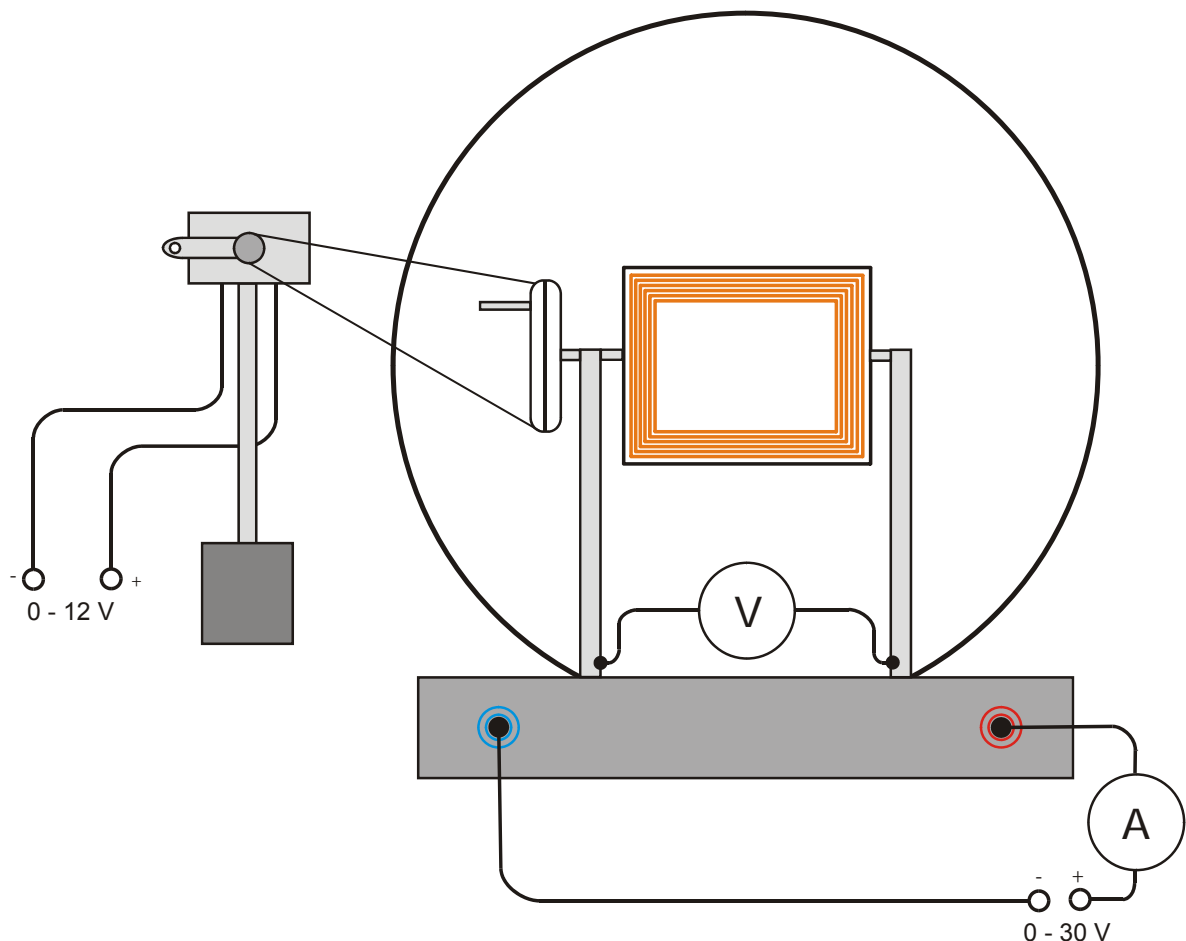


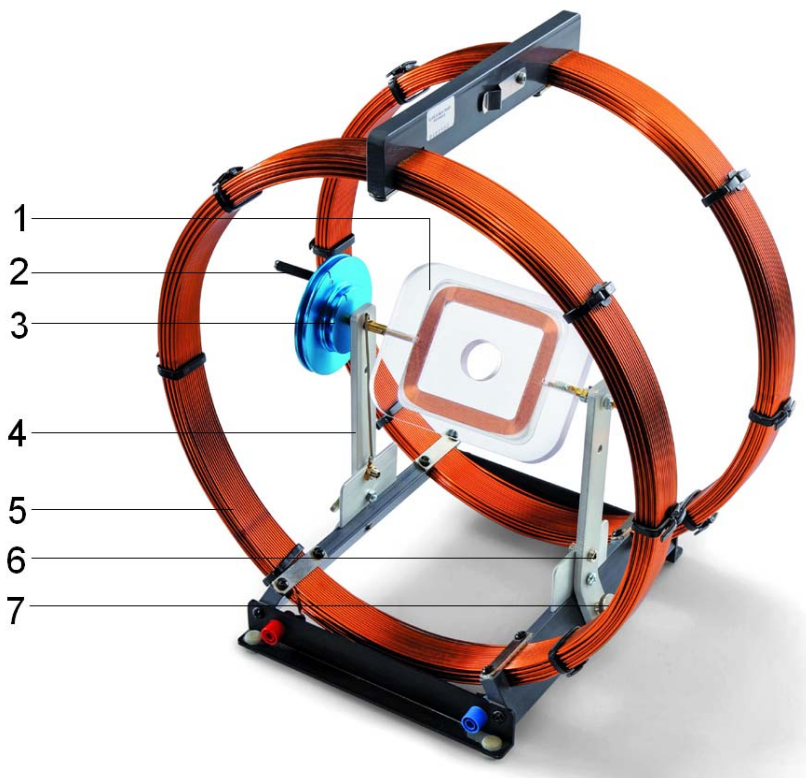
Fig.1 Experimentieraufbau Drehrahmen mit Flachspule und Antriebsmotor



## Rotating frame with flat coil 1013131

### Instruction sheet

07/13 SP



- 1 Flat coil
- 2 Hand crank
- 3 Pulley
- 4 Supports
- 5 Helmholtz coils (not included)
- 6 4-mm output socket
- 7 Knurled screw for securing support

### 1. Description

The rotating frame with flat coil is for conducting various experiments on the subject of “electromagnetic induction” in conjunction with the pair of Helmholtz coils (1000906).

The flat coil is located in a rotating Plexiglass frame. Electrical connection to the coil is made via sliding brush contacts. A pulley and a hand crank on the axis of the rotating frame can be used to turn the coil. The supports of the rotating frame are secured by means of knurled screws to the crossbar between the Helmholtz coils.

### 2. Technical data

Number of turns:	4,000
Effective surface:	41.7 cm <sup>2</sup>
Coil mount:	Plexiglass
Dimensions:	110 x 80 x 11 mm <sup>3</sup>
Length of supports:	160 mm approx.
Electrical connection	Via brushes
Weight:	360 g approx.

### 3. Theoretical bases

The flat coil is rotated in an external magnetic field so that the induced voltage can be measured at the coil ends.

In order to accurately measure the induced voltage, it is necessary to know the variables, on which the induced voltage depends. These are the strength of the external magnetic field, the speed with which it crosses the magnetic field lines and the charge on the charged particles that are passing through the magnetic field. These 3 variables are related to each other by the expression for the so-called "Lorentz force":

$$\vec{F} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$$

This force acts in a direction perpendicular to both the field  $B$  and the direction of movement of the charged particles.

Due to the shape of the coil and the characteristics of the medium in which the charged particles move, an induced voltage arises at the end of the copper loop, the magnitude of which is multiplied by the number of turns in the coil so that it can be measured with a normal meter.

In order to create a uniform motion, the rotating coil is connected to a slowly rotating motor. A magnetic field that is uniform in strength and direction over a large volume of space is created external to the coil by the Helmholtz coil set-up.

The charge carriers are the free electrons that move within the copper coil. Their charge is also constant.

The rotation of the coil in the field generates a sinusoidal alternating voltage:

$$U = U_m \cdot \sin \omega t \quad \text{where} \quad U_m = n \cdot A \cdot B \cdot \omega \quad \text{and} \\ \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

$n$  = Number of turns in the coil

$B$  = Magnetic flux

$A$  = Surface area of coil

$f$  = Frequency of rotation of the coil within the field

$A$  and  $n$  can be determined directly.  $B$  can be determined indirectly from the Helmholtz arrangement. The coil's frequency of rotation  $f$  can be adjusted by changing the speed of the motor and can be measured using a photocell light barrier.

The induced voltage can be determined using an oscilloscope or a voltmeter with its zero point calibrated in the centre of the dial.

For very slow rotations of the flat coil, a measurement amplifier may be necessary.

### 4. Operation

- Screw the supports of the rotating frame with the flat coil to the crossbar of the Helmholtz coils, so that the flat coil can rotate in the middle of the uniform field produced by the Helmholtz coils.
- First, conduct a preliminary experiment, turning the coil by hand in order to estimate the level of the induced voltage.
- Then make a loop of string to connect the pulley to the motor.
- Conduct the subsequent experiments using this arrangement.

### 5. Sample experiments

In order to perform the experiments, the following equipment is also required:

1 DC power supply 20 V, 5 A (230 V, 50/60 Hz)	1003312
or	
1 DC power supply 20 V, 5 A (115 V, 50/60 Hz)	1003311
2 Multimeter Escola 10	1006810
1 Pair of Helmholtz coils	1000906

#### 5.1 Voltage induction in a magnetic field

- Position the Helmholtz coils on the table top and connect them in series to the DC power supply via an ammeter.
- Screw the supports of the rotating frame with the flat coil to the crossbar of the Helmholtz coils, so that the flat coil can rotate in the middle of the uniform field produced by the Helmholtz coils.
- Connect a voltmeter with a central zero point directly across the coil.
- Set the power supply current for the coils to about 1.5 A.
- Use the hand crank and observe the deflection of the voltmeter.
- Change the speed of rotation so that a larger deflection is obtained. The rotation speed needs to be low.

In order to achieve a constant speed of rotation, use of a slowly rotating motor (e.g. 12 V DC motor 1001041) is recommended for driving the rotating frame.

A precise voltage trace can also be observed and measured using an oscilloscope.

## 5.2. Determination of the earth's magnetic field from the induction voltage

Using the same experiment set-up, it is also possible to measure the earth's magnetic field.

- Align the Helmholtz coils in such a way that the magnetic field of the coils is parallel to the Earth's field.
- Rotate the flat coil and observe the voltage.
- Increase current to the Helmholtz coils until the voltage induced at the outputs of the flat coil is zero (so that the earth's magnetic field and the field of the Helmholtz coils cancel out).
- When the induced current is 0, then the magnetic field in the coils is of the same magnitude as the Earth's magnetic field.

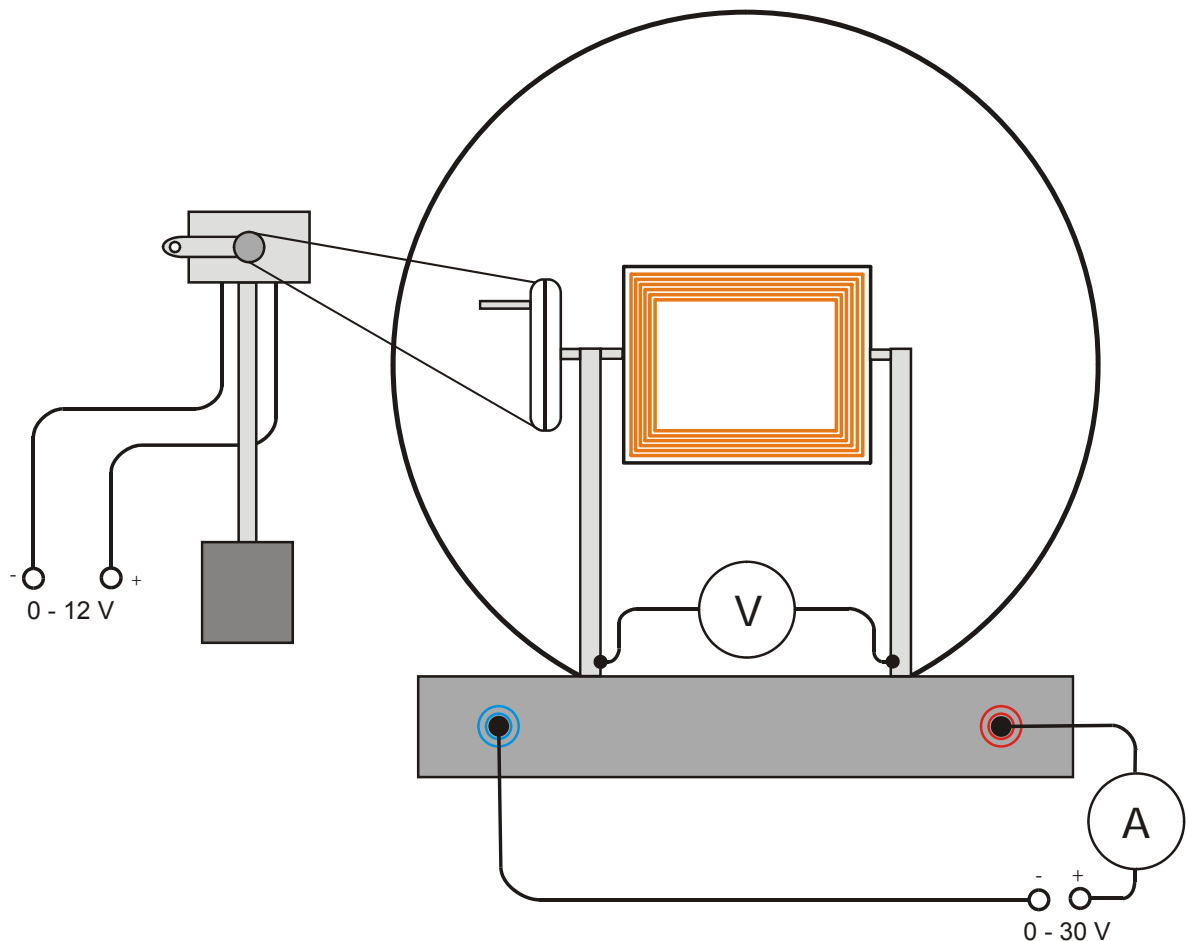


Fig. 1 Experiment set-up with flat coil and driving motor

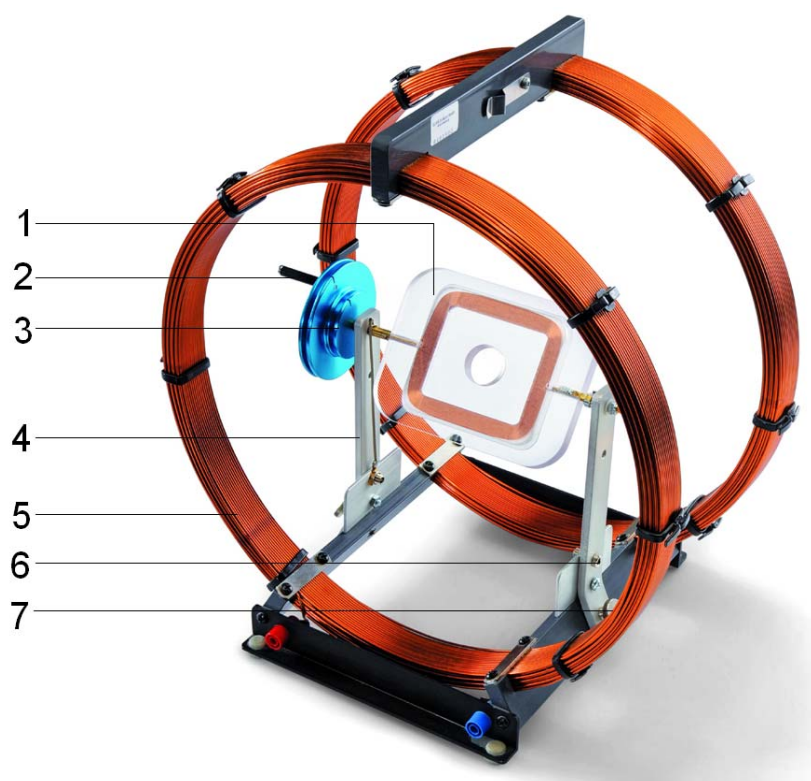




## Cadre rotatif à bobine plate 1013131

### Instructions d'utilisation

07/13 SP



- 1 Bobine plate
- 2 Manivelle
- 3 Bobine de fil
- 4 Support
- 5 Bobines de Helmholtz (non fournies)
- 6 Douille de sortie de 4 mm
- 7 Vis moletée pour fixer le support

### 1. Description

Le cadre rotatif à bobine plate permet de réaliser différentes expériences sur le thème de l'induction électromagnétique en liaison avec la paire de bobines de Helmholtz (1000906).

La bobine plate se trouve dans un cadre rotatif en plexiglas. La connexion électrique avec la bobine est établie par des contacts frotteurs. Une bobine de fil et une manivelle sur l'axe du cadre servent à l'entraînement de la bobine. Les appuis du cadre sont fixés avec des vis moletées sur la traverse des bobines de Helmholtz.

### 2. Caractéristiques techniques

Nombre de spires :	4000
Surface utile :	41,7 cm <sup>2</sup>
Porte-bobine :	plexiglas
Dimensions :	110 x 80 x 11 mm <sup>3</sup>
Longueur des supports :	env. 160 mm
Connexion électrique	par contacts frotteurs
Masse :	env. 360 g

### 3. Notions théoriques

La bobine plate est tournée dans un champ magnétique externe, de sorte qu'il est possible de mesurer une tension induite aux extrémités des bobines.

Pour pouvoir préciser la tension induite, il faut connaître les variables dont elle dépend. Il s'agit de l'intensité du champ magnétique externe, de la vitesse à laquelle les lignes de champ magnétiques sont traversées et de la charge des particules chargées qui traversent le champ magnétique. Ces trois variables sont corrélées par la force dite de Lorentz :

$$\vec{F} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$$

Cette force agit perpendiculairement au champ  $B$  et au sens de déplacement des particules chargées.

La forme de la bobine et la nature du fluide dans lequel se déplacent les particules engendrent aux extrémités de la boucle en cuivre une tension induite qui est amplifiée par le nombre de spires et qui peut être mesurée à l'aide d'un instrument normal.

Pour générer un mouvement régulier, la bobine est branchée à un moteur tournant lentement. Un agencement des bobines de Helmholtz permet de produire dans une grande étendue un champ magnétique externe d'intensité et de direction constantes.

Les porteurs de charges sont les électrons libres de la boucle en cuivre dont la charge est également constante.

Le mouvement de rotation de la bobine dans le champ engendre une tension alternative sinusoïdale :

$$U = U_m \cdot \sin \omega t \quad \text{avec} \quad U_m = n \cdot A \cdot B \cdot \omega \quad \text{et} \\ \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

$n$  = nombre de spires de la bobine

$B$  = intensité du champ magnétique

$A$  = surface de la bobine

$f$  = fréquence de rotation de la bobine dans le champ

$A$  et  $n$  peuvent être déterminés directement.  $B$  peut être déterminé indirectement à partir de l'agencement Helmholtz. La fréquence de rotation  $f$  de la bobine peut être réglée avec la fréquence de rotation du moteur et mesurée au moyen d'un barrage photoélectrique.

La tension induite peut être déterminée avec un oscilloscope ou un voltmètre à point zéro central.

Un amplificateur de mesure peut s'avérer utile pour les mouvements de rotation très lents de la bobine plate.

### 4. Manipulation

- Vissez le cadre rotatif avec la bobine plate et ses supports aux fixations transversales des bobines de Helmholtz, de manière à ce que la bobine plate puisse être tournée au centre du champ homogène des bobines Helmholtz.
- Effectuez d'abord un essai préliminaire et, en mode manuel, évaluez la tension d'induction.
- Ensuite, reliez la bobine de fil au moteur au moyen d'un cordon.
- Effectuez les expériences dans cet agencement.

### 5. Exemples d'expériences

Pour réaliser les expériences, vous nécessitez le matériel supplémentaire suivant :

1 alimentation CC 20 V, 5 A (230 V, 50/60 Hz)	1003312
ou	
1 alimentation CC 20 V, 5 A (115 V, 50/60 Hz)	1003311
2 multimètres Escola 10	1006810
1 paire de bobines de Helmholtz	1000906

#### 5.1 Induction de tension dans le champ magnétique

- Placez les bobines de Helmholtz sur la plaque et montez-les en série avec l'alimentation en tension continue en vous servant d'un ampèremètre.
- Vissez le cadre rotatif avec la bobine plate et ses supports aux fixations transversales des bobines de Helmholtz, de manière à ce que la bobine plate puisse être tournée au centre du champ homogène des bobines Helmholtz.
- Branchez le voltmètre à point zéro central directement à la bobine plate.
- Réglez un courant d'alimentation d'environ 1,5 A pour les bobines.
- Actionnez la manivelle et observez la déviation sur le voltmètre.
- Modifiez la vitesse de rotation, jusqu'à ce que vous obteniez une forte déviation. La vitesse de rotation doit être faible.

Pour obtenir une vitesse de rotation constante, il est recommandé d'entraîner le cadre tournant avec un moteur lent (par ex. moteur à courant continu 12 V, 1001041).

L'allure de la tension peut être observée et mesurée avec précision à l'aide d'un oscilloscope.

## 5.2. Détermination du champ terrestre à partir de la tension d'induction

Le même montage permet de mesurer le champ magnétique terrestre.

- Ajustez les bobines Helmholtz de manière à ce que les champs magnétiques de la bobine soient parallèles à la terre.
- Tournez la bobine plate et observez la tension.
- Augmentez le courant au niveau de la bobine de Helmholtz, jusqu'à ce que les sorties de la bobine plate soient exemptes de tension d'induction (compensation du champ magnétique terrestre par le champ de la bobine de Helmholtz).
- Le calcul du champ magnétique dans les bobines, lorsque le courant induit est nul, donne la grandeur du champ magnétique terrestre.

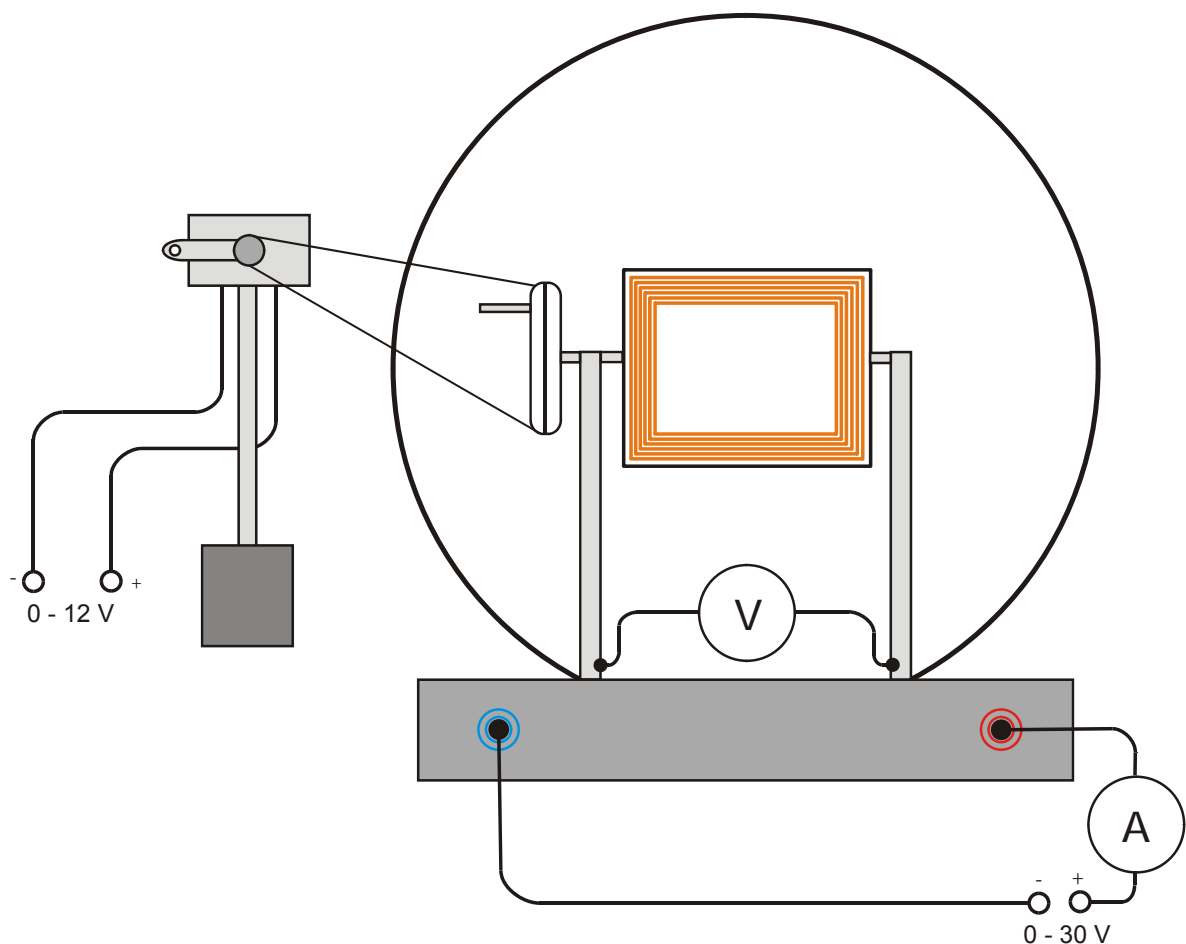


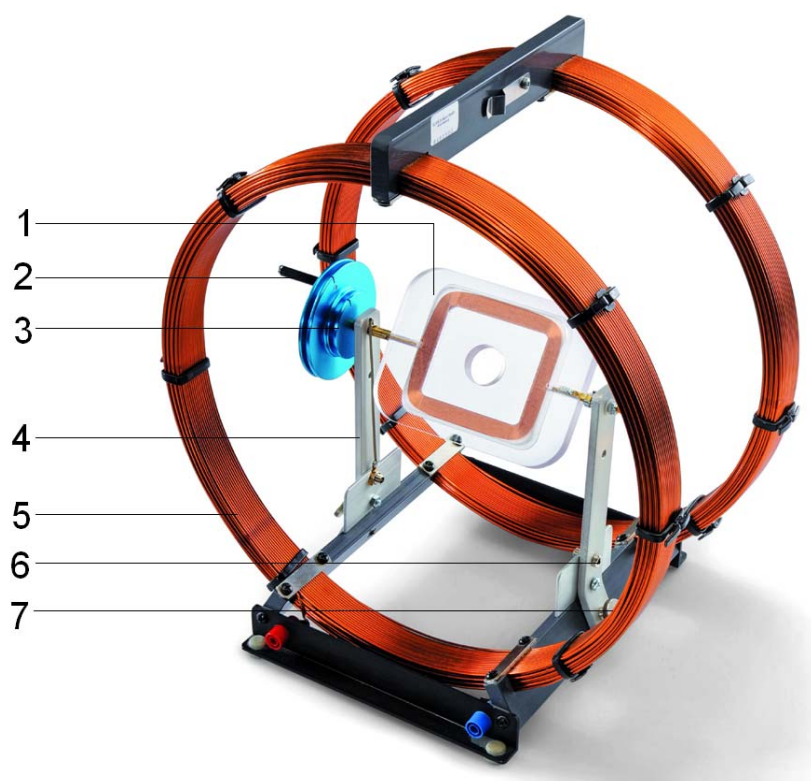
Fig.1 Cadre rotatif avec bobine plate et moteur d'entraînement



## Telaio rotante con bobina piatta 1013131

### Istruzioni per l'uso

07/13 SP



- 1 Bobina piatta
- 2 Manovella
- 3 Puleggia
- 4 Supporto
- 5 Bobine di Helmholtz (non fornite in dotazione)
- 6 Presa di uscita 4 mm
- 7 Vite a testa zigrinata per il fissaggio del supporto

#### 1. Descrizione

Il telaio rotante con bobina piatta serve all'esecuzione di diversi esperimenti relativi al tema "Induzione elettromagnetica" in combinazione con la coppia di bobine di Helmholtz (1000906).

La bobina piatta si trova in un telaio di plexiglas montato in modo girevole. Il collegamento elettrico con la bobina viene realizzato mediante contatti striscianti. Una puleggia e una manovella presenti sull'asse del telaio rotante rendono possibile l'azionamento della bobina. I supporti del telaio rotante vengono fissati mediante viti a testa zigrinata al raccordo trasversale delle bobine di Helmholtz.

#### 2. Dati tecnici

Numero di spire:	4000
Superficie efficace:	41,7 cm <sup>2</sup>
Supporto bobine:	plexiglas
Dimensioni:	110 x 80 x 11 mm <sup>3</sup>
Lunghezza supporto:	ca. 160 mm
Collegamento elettrico	con contatti striscianti
Peso:	ca. 360g

### 3. Principi teorici

La bobina piatta viene fatta ruotare in un campo magnetico esterno in modo da potere misurare una tensione indotta alle estremità delle bobine.

Per potere definire esattamente la grandezza della tensione indotta, devono essere note le variabili da cui questa dipende. Si tratta dell'intensità del campo magnetico esterno, della velocità con cui vengono attraversate le linee di campo magnetiche e della carica delle particelle cariche che attraversano il campo magnetico. Queste 3 variabili sono collegate dalla cosiddetta "forza di Lorentz".

$$\vec{F} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$$

Questa forza agisce verticalmente rispetto al campo  $B$  e alla direzione di movimento delle particelle cariche.

In base alla forma della bobina e alla qualità del mezzo in cui le particelle si muovono, si genera alle estremità del nodo di rame una tensione indotta, amplificata dal numero di spire, che è possibile misurare con un normale strumento di misura.

Per produrre un movimento uniforme, la bobina rotante viene collegata ad un motore che ruota lentamente. Mediante la disposizione delle bobine di Helmholtz si crea un campo magnetico esterno, costante all'interno di un ampio spazio per quanto riguarda intensità e direzione.

I portatori di carica sono gli elettroni liberi nel nodo di rame con carica costante.

Attraverso il movimento di rotazione della bobina nel campo si genera una tensione alternata sinusoidale:

$$U = U_m \cdot \sin \omega t \quad \text{con} \quad U_m = n \cdot A \cdot B \cdot \omega \quad \text{e} \\ \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

$n$  = numero di spire della bobina

$B$  = intensità del campo magnetico

$A$  = area della bobina

$f$  = frequenza di rotazione della bobina nel campo

$A$  e  $n$  possono essere determinate direttamente.  $B$  può essere determinata indirettamente tramite la disposizione di Helmholtz. La frequenza di rotazione della bobina  $f$  può essere impostata tramite la frequenza di rotazione del motore e può essere misurata mediante fotocellula.

La tensione indotta può essere determinata con un oscilloscopio o mediante un voltmetro con punto zero centro.

In caso di movimenti di rotazione della bobina piatta molto lenti può essere necessario un amplificatore di misura.

### 4. Utilizzo

- Avvitare il telaio rotante con bobina piatta e i supporti ai raccordi trasversali delle bobine di Helmholtz in modo da potere far ruotare la bobina piatta al centro del campo omogeneo delle bobine di Helmholtz.
- Effettuare prima una prova preliminare e stimare manualmente la grandezza della tensione d'induzione.
- Quindi collegare la puleggia al motore mediante corda.
- Eseguire gli esperimenti con queste disposizioni.

### 5. Esempi di esperimenti

Per l'esecuzione degli esperimenti sono necessari i seguenti apparecchi:

1 alimentatore CC 20 V, 5 A (230 V, 50/60 Hz)	1003312
oppure	
1 alimentatore CC 20 V, 5 A (115 V, 50/60 Hz)	1003311
2 multimetri Escola 10	1006810
1 coppia di bobine di Helmholtz	1000906

#### 5.1 Induzione della tensione nel campo magnetico

- Collocare le bobine di Helmholtz sul piano del tavolo e attraverso un amperometro collegarle in serie con alimentazione di corrente continua.
- Avvitare il telaio rotante con bobina piatta e i supporti ai raccordi trasversali delle bobine di Helmholtz in modo da potere far ruotare la bobina piatta al centro del campo omogeneo delle bobine di Helmholtz.
- Collegare il voltmetro con punto zero centro direttamente alla bobina piatta.
- Impostare una corrente di alimentazione delle bobine di circa 1,5 A.
- Attivare la manovella e osservare l'oscillazione del voltmetro.
- Modificare la velocità di rotazione fino a raggiungere un'oscillazione maggiore. La velocità di rotazione deve essere bassa.

Per ottenere una velocità di rotazione costante, è consigliabile azionare il telaio rotante tramite un motore a rotazione lenta (ad es. motore a corrente continua, 12 V 1001041).

L'andamento esatto della tensione può essere osservato e misurato anche mediante un oscilloscopio.

## 5.2. Determinazione del campo terrestre dalla tensione d'induzione

Con la stessa struttura di prova è possibile misurare anche il campo magnetico terrestre.

- Allineare le bobine di Helmholtz in modo che i campi magnetici della bobina di Helmholtz e la terra siano paralleli.
- Ruotare la bobina piatta e osservare la tensione.
- Aumentare la corrente in corrispondenza della bobina di Helmholtz finché non è più presente nessuna tensione d'induzione alle uscite della bobina piatta. (Compensazione del campo magnetico terrestre attraverso il campo della bobina di Helmholtz)
- Il calcolo del campo magnetico nelle bobine, quando la corrente indotta è pari a zero, fornisce le dimensioni del campo magnetico terrestre.

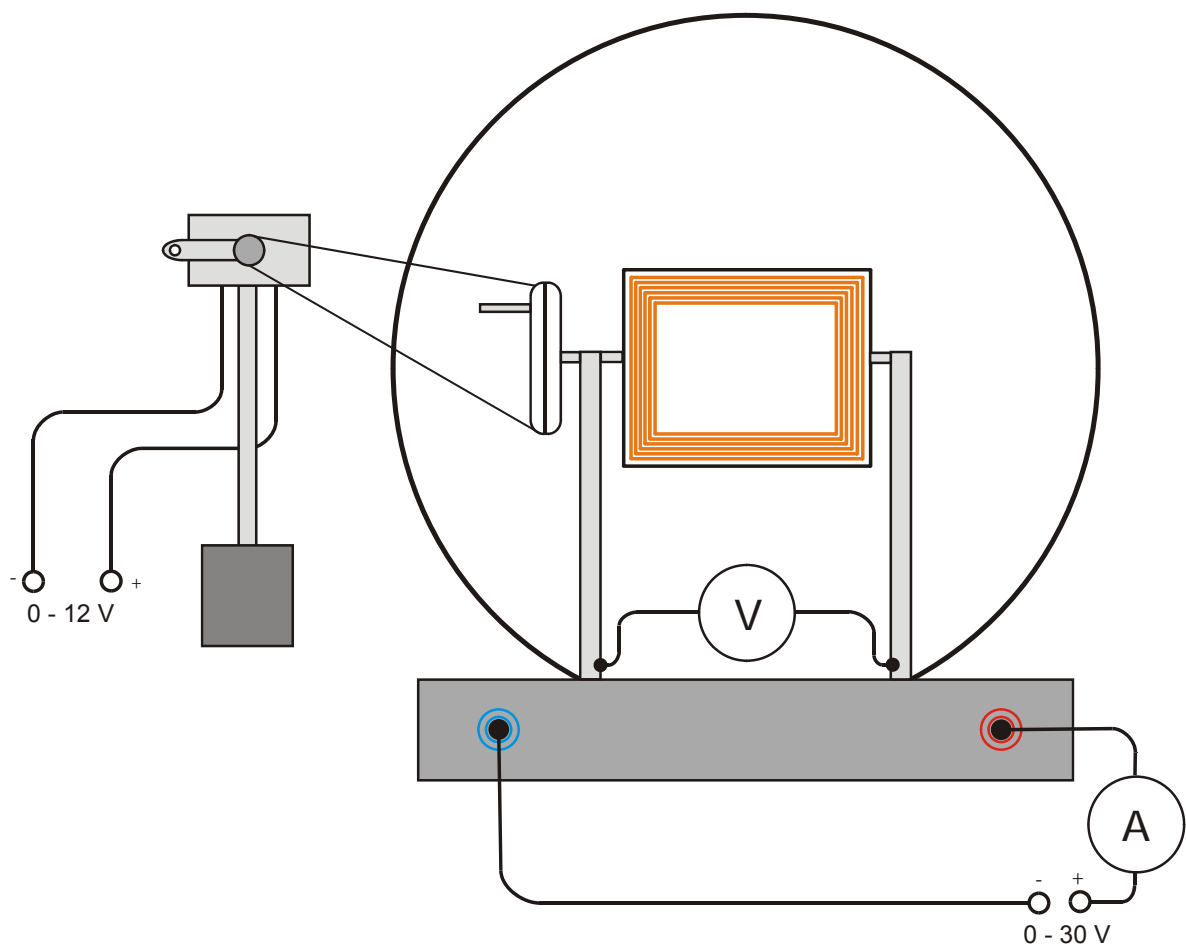


Fig.1 Struttura di prova telaio rotante con bobina piatta e motore di azionamento

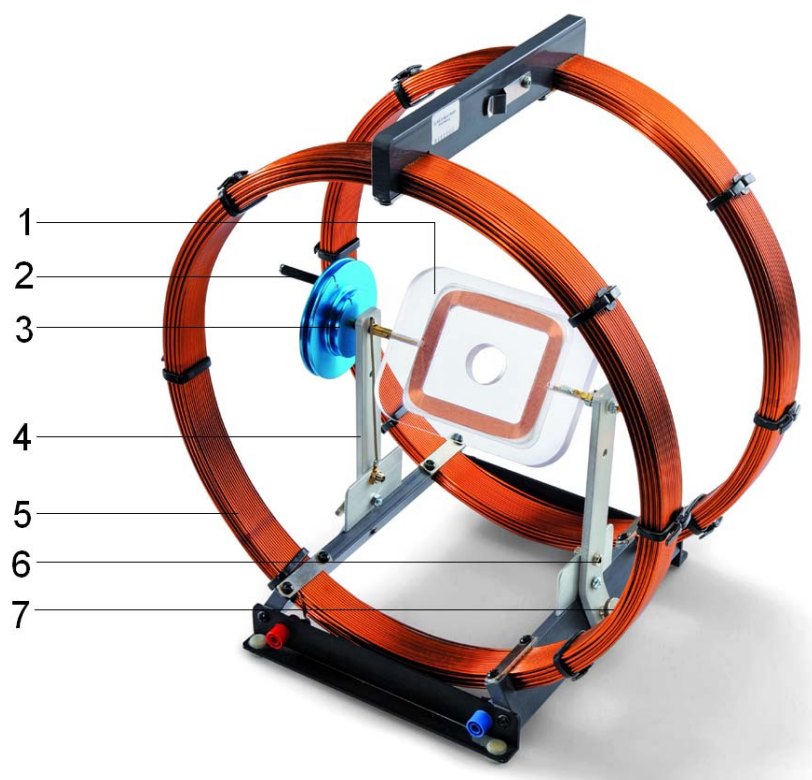




## Marco giratorio con bobina plana 1013131

### Instrucciones de uso

07/13 SP



- 1 Bobina plana
- 2 Manivela
- 3 Roldana para cordel
- 4 Soporte
- 5 Bobinas de Helmholtz (no incluidas en el volumen de entrega)
- 6 Casquillo de salida de 4 mm
- 7 Tornillo moleteado para fijar el soporte

### 1. Descripción

El marco giratorio con la bobina plana en conjunto con el par de bobinas de Helmholtz (1000906), sirven para la realización de diferentes experimentos sobre el tema "Inducción electromagnética".

La bobina plana se encuentra fija en un marco de plexiglas que puede girar. La conexión eléctrica hacia la bobina se realiza por medio de contactos deslizantes. Una pequeña roldana para cordel y una manivela sirven para el accionamiento de la bobina. Los soportes del marco giratorio se fijan con tornillos moleteados en los travesaños distanciadores de las bobinas Helmholtz, de tal forma que la bobina plana quede en el centro del

campo magnético externo. El campo alrededor de la bobina plana es homogéneo en toda la superficie efectiva de la misma durante el movimiento giratorio.

### 2. Datos técnicos

Número de espiras:	4000
Superficie efectiva:	41,7 cm <sup>2</sup>
Soporte de la bobina:	Plexiglas
Dimensiones:	110 x 80 x 11 mm <sup>3</sup>
Longitud de los soportes:	aprox. 160 mm
Contactos eléctricos	deslizantes
Masa:	aprox. 360g

### 3. Fundamentos teóricos

La bobina plana se hace rotar en un campo magnético homogéneo externo, de tal forma que en los extremos de la bobina se pueda medir una tensión inducida.

Para poder tener una información exacta sobre la altura de la tensión inducida, es necesario conocer exactamente las variables de las cuales depende la misma. En este caso se trata de la intensidad del campo magnético externo, la velocidad con la cual se atraviesan las líneas de campo magnético y la carga de las partículas que atraviesan en campo. Estas tres variables están combinadas entre sí por medio de la llamada "Fuerza de Lorentz":

$$\vec{F} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$$

Esta fuerza actúa perpendicularmente al campo  $B$  y a la dirección de movimiento de las partículas cargadas.

Debido a la forma de la bobina y la característica del medio en cual se mueven las partículas, se origina en los extremos una tensión amplificada por el número de espiras de la bobina de cobre, la cual se puede medir directamente con un instrumento de medida normal.

Para producir un movimiento regular, la bobina giratoria se conecta a un motor que gira lentamente. Un campo externo homogéneo en el espacio y de intensidad constante se produce por medio de un par de bobinas conectadas en la una combinación de Helmholtz.

Como portadores de carga se tienen electrones, que se mueven libremente en las espiras de cobre y cuya carga es constante.

Por el movimiento giratorio de la bobina en el campo magnético externo se obtiene una tensión alterna de forma senoidal:

$$U = U_m \cdot \sin \omega t \quad \text{con} \quad U_m = n \cdot A \cdot B \cdot \omega \quad \text{y} \\ \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

$n$  = Número de espiras de la bobina

$B$  = Inducción magnética

$A$  = Superficie efectiva de la bobina

$f$  = Frecuencia de rotación de la bobina

$A$  y  $n$  se pueden determinar directamente.  $B$  se obtiene indirectamente por la ordenación de las bobinas de Helmholtz. La frecuencia de rotación de la bobina se puede ajustar por medio de las revoluciones del motor y medir por medio de una puerta fotoeléctrica..

La tensión inducida se puede determinar por medio de un voltímetro con con escala con punto cero en el centro o por medio de un osciloscopio.

En caso de movimientos de rotación muy lento sería posiblemente necesario un amplificador de medida.

### 4. Manejo

- El marco giratorio con la bobina plana con sus soportes se fija con los tornillos moleteados en los travesaños distanciadores de las bobinas de Helmholtz, de tal forma que ésta se pueda girar en el centro del campo homogéneo de las bobinas de Helmholtz.
- En un experimento previo, accionando la bobina manualmente se evalúa la altura de la tensión de inducción.
- A continuación se conecta la roldana con el eje del motor..
- Con esta disposición se realiza el experimento.

### 5. Ejemplos de experimentos

Para la realización de los experimentos se requieren los siguientes aparatos:

1 Fuente de alimentación CC 20 V, 5 A (230 V, 50/60 Hz)	1003312
ó	
1 Fuente de alimentación CC 20 V, 5 A (115 V, 50/60 Hz)	1003311
2 Multímetros Escola 10	1006810
1 Par de bobinas de Helmholtz	1000906

#### 5.1 Inducción de tensión en el campo magnético

- Se colocan las bobinas de Helmholtz sobre la mesa de trabajo y se conectan serie entre sí y luego en serie con un amperímetro y con la fuente de alimentación de tensión continua.
- El marco giratorio con la bobina plana con sus soportes se fija con los tornillos moleteados en los travesaños distanciadores de las bobinas de Helmholtz, de tal forma que ésta se pueda girar en el centro del campo homogéneo de las bobinas de Helmholtz.
- Se conecta el voltímetro directamente en los contactos de la bobina plana.
- Se ajusta la corriente en aprox. 1,5 A como suministro de las bobinas de Helmholtz.
- Se acciona la manivela con la mano y se observa la señal en el voltímetro.
- Se varía la velocidad de rotación de la bobina hasta que se obtenga la máxima señal en voltímetro. La velocidad de rotación debe ser lenta.

Para lograr un velocidad de rotación constante se recomienda accionar el marco giratorio por medio de un motor de revoluciones lentas (p.ej.: Motor de corriente continua, 12 V 1001041).

El curso exacto de la tensión inducida se puede observar y medir por medio de un osciloscopio.

## 5.2. Determinación del campo magnético terrestre por medio de la tensión inducida

Con el mismo montaje experimental del punto 5.1 se puede medir el campo magnético terrestre.

- Se orientan las bobinas de Helmholtz de tal forma que el campo magnético originado por las bobinas de Helmholtz sea antiparalelo al campo magnético terrestre.
- Se hace rotar la bobina plana y se observa la tensión de inducción en el voltímetro.
- Se varía la corriente en las bobinas de Helmholtz hasta que en la salida de la bobina plana la tensión de inducción llegue a cero (Compensación del campo magnético terrestre por el campo magnético de las bobinas de Helmholtz).
- El cálculo del campo magnético en la geometría de Helmholtz cuando la corriente inducida sea cero da por resultado la intensidad del campo magnético terrestre.

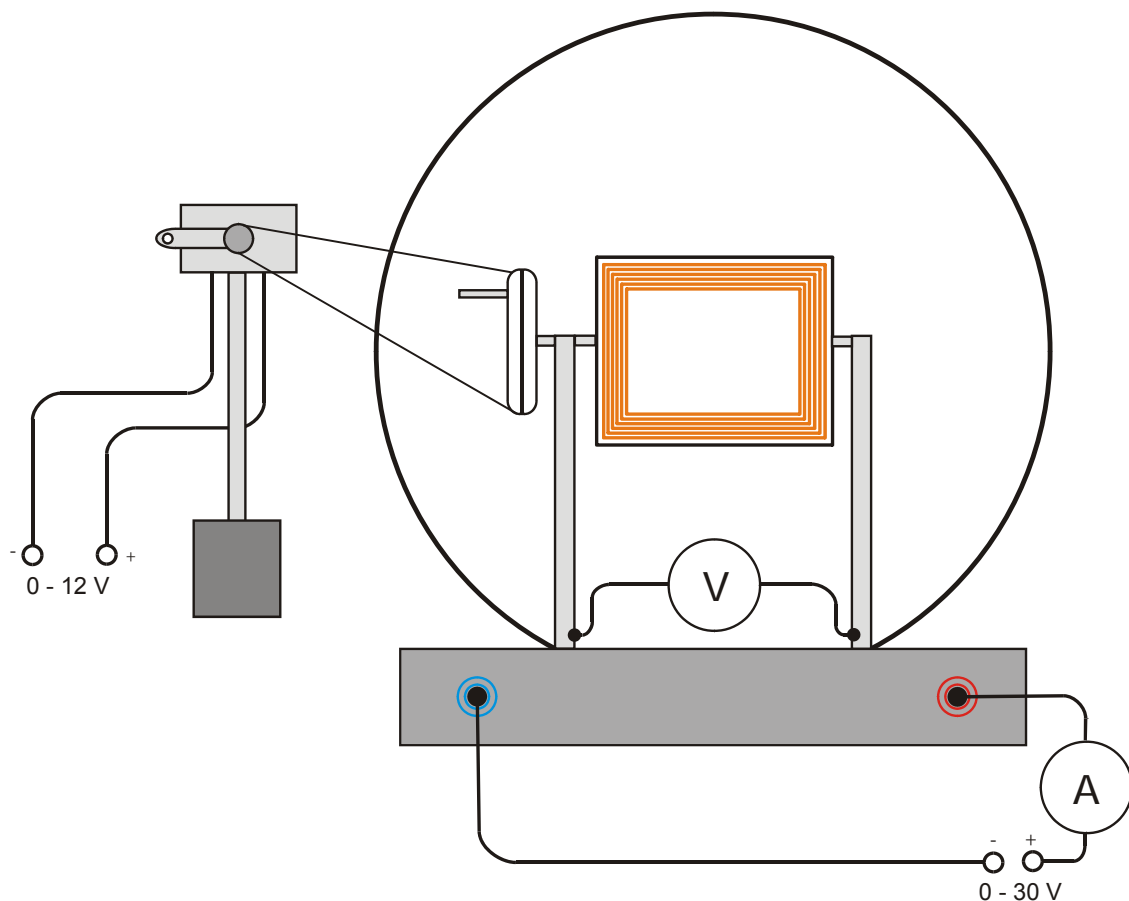


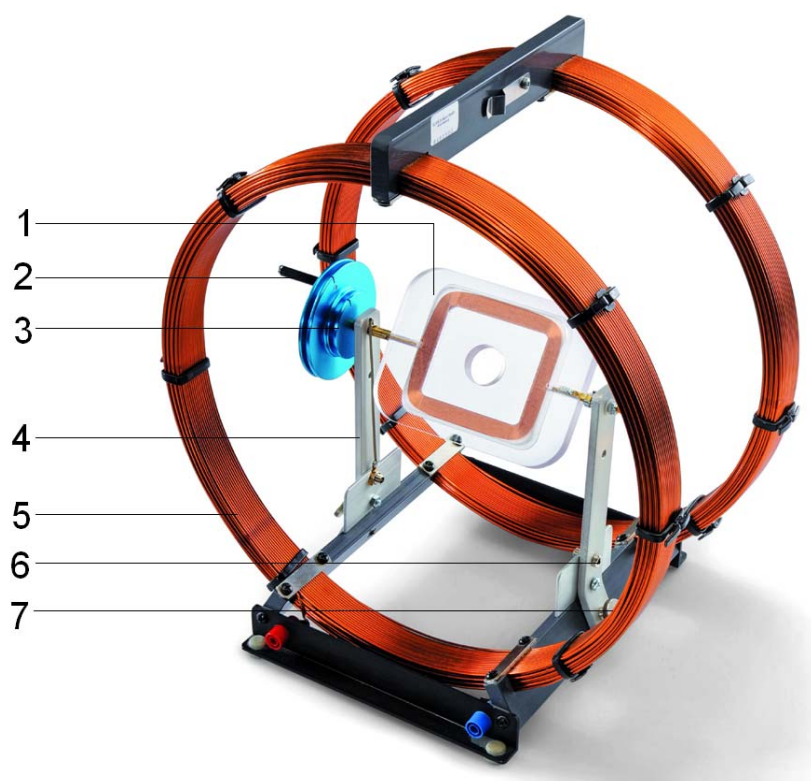
Fig.1 Montaje experimental del marco giratorio con bobina plana y motor de accionamiento



## Quadro rotativo com bobina plana 1013131

### Instruções para o uso

07/13 SP



- 1 Bobina plana
- 2 Manivela
- 3 Rolo de corda
- 4 Suporte
- 5 Bobinas Helmholtz (não incluída no fornecimento)
- 6 Conectores saída de 4 mm
- 7 Parafuso manual para a fixação do suporte

#### 1. Descrição

O quadro rotativo com bobina plana serve para a execução de diversas experiências relativas ao tema da "indução eletromagnética" em associação com o par de bobinas de Helmholtz (1000906).

A bobina plana se encontra num quadro rotativo de acrílico transparente com rolimãs. A conexão elétrica com a bobina é estabelecida por escovas de contato. Um rolo de corda e uma manivela no eixo do quadro rotativo sevem para movimentar a bobina. Os apoios do quadro rotativo são fixados na vara perpendicular das bobinas de Helmholtz por meio de parafusos manuais.

#### 2. Dados técnicos

Número de espira:	4000
Superfície útil:	41,7 cm <sup>2</sup>
Suporte das bobinas:	Acrílico transparente
Dimensões:	110 x 80 x 11 mm <sup>3</sup>
Comprimento do suporte:	aprox. 160 mm
Conexão elétrica	escovas de contato
Massa:	aprox. 360g

### 3. Fundamentos teóricos

A bobina plana é girada num campo magnético externo, de modo que uma tensão induzida pode ser medida nas pontas das bobinas.

Para se obter um valor exato para a grandeza da tensão induzida, as variáveis das quais a tensão induzida depende devem ser conhecidas. Trata-se aqui da força do campo magnético externo, da velocidade com a qual as linhas do campo magnético são atravessadas e da carga das partículas carregadas que atravessam o campo magnético. Estas 3 variáveis são interligadas pela chamada "força de Lorenz":

$$\vec{F} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$$

Esta força age perpendicularmente ao campo  $B$  e na direção do movimento das partículas carregadas.

Pela forma da bobina e as características do meio no qual as partículas se movem, surge uma tensão induzida nas pontas das escovas de cobre, amplificada pelo número de espiras e que pode ser medida por instrumentos de medição normais.

Para produzir um movimento regular, uma bobina rotativa é ligada a um motor que gira lentamente. É criado um campo magnético externo, constante na sua força e direção, por meio de bobinas de Helmholtz.

Os portadores de carga são elétrons livres nas escovas de cobre cuja carga também é constante.

Através do movimento de rotação da bobina no campo é produzida uma tensão alternada senoidal:

$$U = U_m \cdot \sin \omega t \quad \text{com} \quad U_m = n \cdot A \cdot B \cdot \omega \quad \text{e} \\ \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

$n$  = número de espiras da bobina

$B$  = força do campo magnético

$A$  = superfície da bobina

$f$  = frequência de rotação da bobina no campo

$A$  e  $n$  podem ser determinados diretamente.  $B$  pode ser determinado indiretamente através da ordenação de Helmholtz. A frequência de rotação da bobina  $f$  pode ser ajustada por meio da frequência de rotação do motor e pode ser medida por meio de uma barreira luminosa.

A tensão induzida pode ser determinada com um osciloscópio ou com medidor de tensão com ponto zero mediano.

Para movimentos de rotação muito lentos da bobina plana, pode ser necessário um amplificador de medição.

### 4. Utilização

- Aparafusar firmemente o quadro rotativo com a bobina plana e seus suportes nos apoios perpendiculares das bobinas de Helmholtz, de modo que a bobina plana possa ser girada no meio do campo homogêneo das bobinas de Helmholtz.
- Executar primeiro uma experiência prévia e por meio da manivela estimar a altura da tensão de indução.
- Depois, ligar o rolo de corda com o motor usando a corda.
- A experiência pode então ser executada com essa montagem.

### 5. Exemplos de experiências

Para a execução das experiências são necessários os seguintes aparelhos:

1 Fonte de alimentação DC 20 V, 5 A (230 V, 50/60 Hz)	1003312
ou	
1 Fonte de alimentação DC 20 V, 5 A (115 V, 50/60 Hz)	1003311
2 Multímetros Escola 10	1006810
1 Par de bobinas de Helmholtz	1000906

#### 5.1 Indução de tensão em campos magnéticos

- Colocar as bobinas de Helmholtz sobre a mesa de trabalho e conecta-las em série com a alimentação em corrente contínua passando por um amperímetro.
- Aparafusar firmemente o quadro rotativo com a bobina plana e seus suportes nos apoios perpendiculares das bobinas de Helmholtz, de modo que a bobina plana possa ser girada no meio do campo homogêneo das bobinas de Helmholtz.
- Ligar o voltímetro com ponto zero mediano diretamente com a bobina plana.
- Ajustar uma corrente de alimentação de aproximadamente 1,5 A como alimentação para as bobinas.
- Acionar a manivela e observar os valores no voltímetro.
- Alterar a velocidade de rotação até que se atinja um valor maior. A velocidade de rotação deve ser baixa.

Para se alcançar uma velocidade de rotação constante, recomenda-se proporcionar um motor de rotação lenta para impulsar o quadro giratório (por exemplo, motor de corrente contínua, 12 V 1001041).

A evolução exata da tensão pode ser observada e medida com a ajuda de um osciloscópio.

## 5.2. Determinação do campo terrestre a partir da tensão de indução

Com a mesma montagem da experiência pode-se também medir o campo magnético da Terra.

- Instalar as bobinas de Helmholtz de modo que o campo magnético das bobinas de Helmholtz e o campo magnético da Terra estejam em paralelo.
- Girar a bobina plana e observar a tensão.
- Elevar a corrente nas bobinas de Helmholtz até que não há nenhuma tensão de indução nas saídas da bobina plana (compensação do campo magnético terrestre através do campo da bobina de Helmholtz)
- O cálculo do campo magnético das bobinas quando a corrente induzida é igual a zero resulta no tamanho do campo magnético.

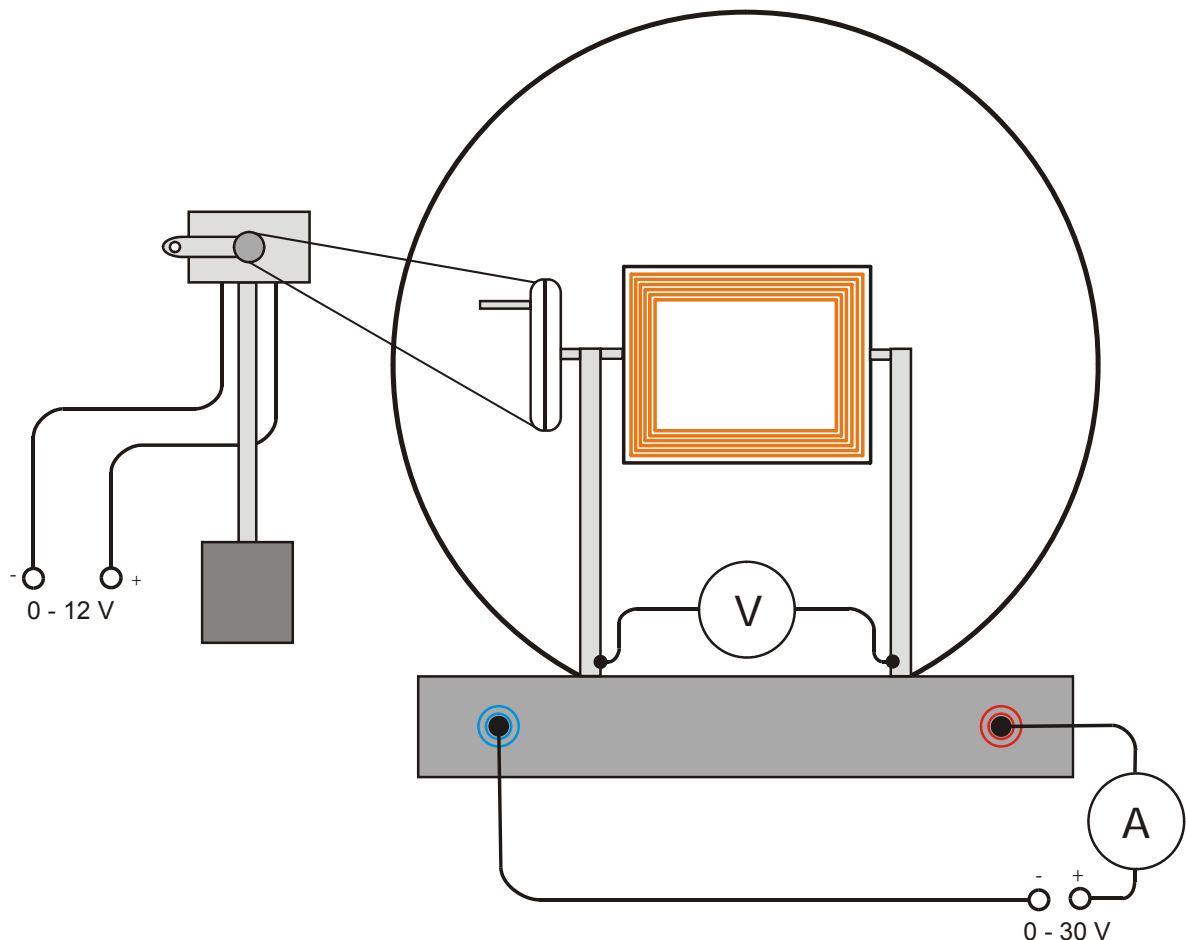


Fig.1 montagem da experiência com o quadro rotativo com bobina plana e motor de impulso

