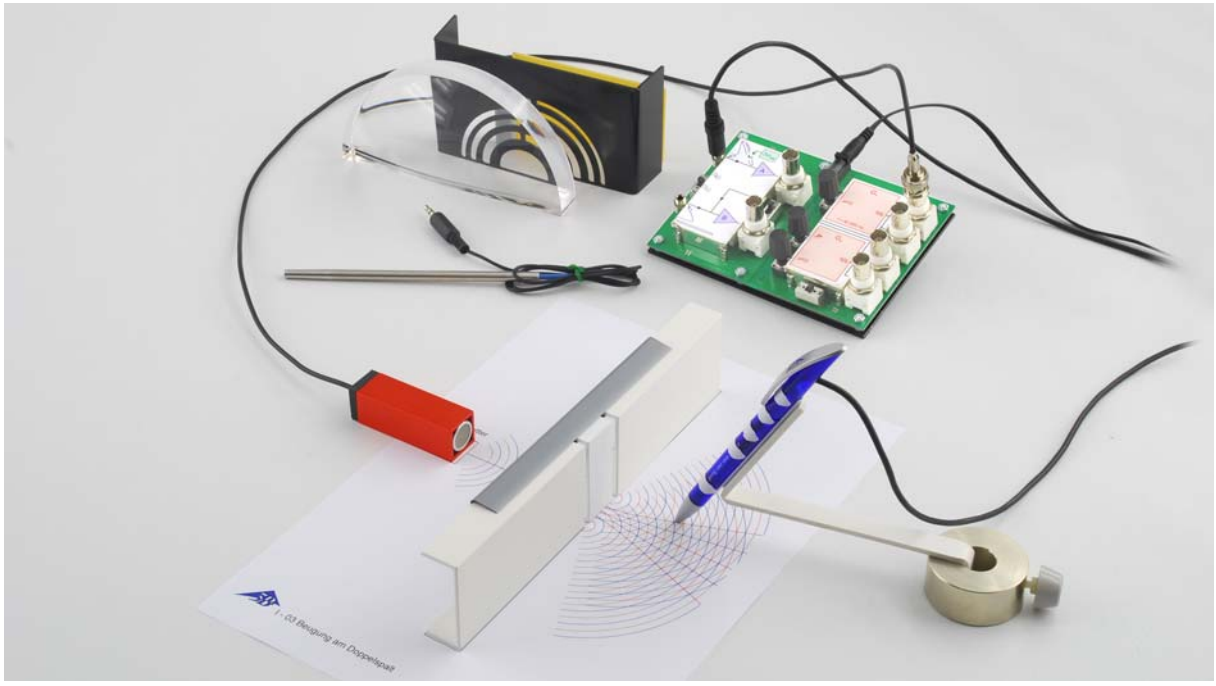
SW-Paket Ultraschall (230 V, 50/60 Hz) 1012845
SW-Paket Ultraschall (115 V, 50/60 Hz) 1012846

Bedienungsanleitung

08/12 TL



1. Beschreibung

Das SW-Paket Ultraschall ist konzipiert zur Darstellung der grundlegenden Eigenschaften von Wellen im platzsparenden Tischexperiment am Beispiel von 40-kHz-Ultraschallwellen.

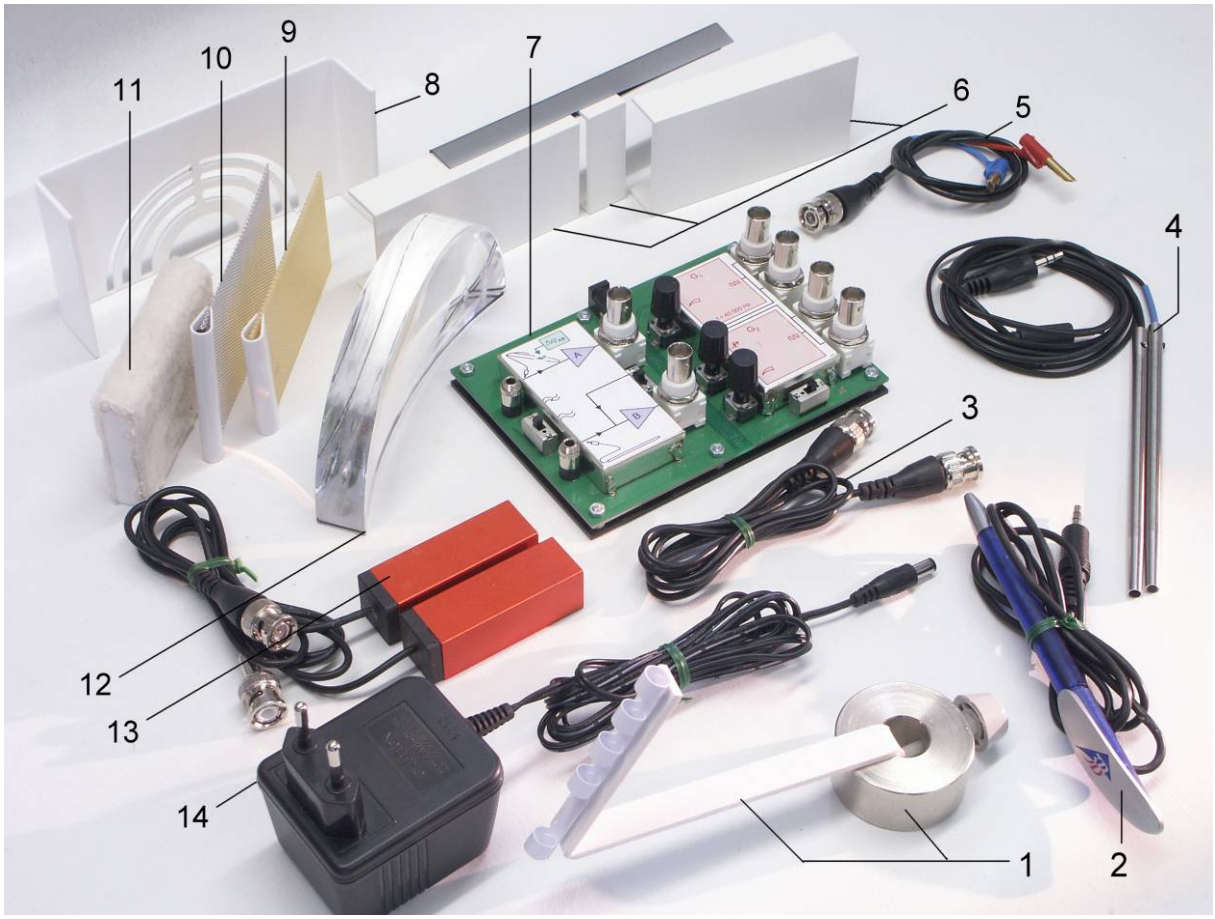
Die Schallausbreitung findet in guter Näherung in der Tischebene statt. Beugungsobjekte, Spiegel, Hohlspiegel, Fresnel'sche Zonenplatte, etc. sind daher für den Halbraum über der Tischebene ausgelegt. Dies erleichtert einen übersichtlichen experimentellen Aufbau unter Verwendung von Arbeitsvorlagen und Auflagemasken.

Geeignete Sonden ermöglichen die Aufzeichnung der Schwingungen an beliebigen Punkten der Welle sowie die Messung der Schallfelder nach Reflexion, Wellenbeugung und Interferenz. Eine dieser Sonden, der US-Pen, enthält zusätzlich einen Phasenzeiger in Form einer LED, deren Helligkeit auf ein Minimum reduziert wird, wenn die Phasendifferenz zwischen dem Messpunkt und einem ausgewählten Bezugspunkt ein Vielfaches von 360° ist. Mit dem US-Pen lassen sich daher z.B. Wellenfronten als Linien gleicher Phasenlage (Isophasen) aufzeichnen.

Für einige weitere Experimente empfiehlt sich der zusätzliche Einsatz eines Vielfachmessgerätes mit ausreichendem Frequenzgang zur Messung der Ultraschallamplituden. Bei Anschluss eines Zweikanal-Oszilloskops lassen sich die Ultraschallschwingungen am Sondenort darstellen.

Das Ausstattungspaket mit der Artikelnummer 1012845 ist für eine Netzspannung von 230 V (±10 %) ausgelegt, 1012846 für 115 V (±10 %).

2. Lieferumfang



1 Halter für US-Pen
2 US-Pen
3 BNC-Kabel, 1 m (2x)
4 Mikrofonsonden (2x)
5 Kabel BNC/ 4 mm
6 Set für Doppelspalt
inkl. zwei Spiegel/Reflektoren
7 Betriebselektronik
8 Fresnel'sche Zonenplatte
9 Teildurchlässiger Spiegel 50%
10 Teildurchlässiger Spiegel 25%
11 Ultraschallabsorber
12 Hohlspiegel
13 Ultraschallsender 40 kHz (2x)
14 Steckernetzgerät (230 V, 50/60 Hz)
bzw.
Steckernetzgerät (115 V, 50/60 Hz) nicht abgebildet
Satz Auflagemasken nicht abgebildet

3. Elektrische Sicherheit

Das SW-Paket Ultraschall entspricht den Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte nach DIN EN 61010 Teil 1. Es ist für den Betrieb in trockenen Räumen vorgesehen, die für elektrische Betriebsmittel geeignet sind.

Bei bestimmungsgemäßem Gebrauch ist der sichere Betrieb der Ausstattung gewährleistet. Die Sicherheit ist jedoch nicht garantiert, wenn die Geräte unsachgemäß bedient oder unachtsam behandelt werden.

4. CE-Konformität

Das SW-Paket Ultraschall (die Betriebselektronik, der US-Pen und die Mikrofonsonde) entsprechen der europäischen Richtlinie für EMV (EG 108/2004) und sind somit CE-konform.

5. Komponenten

5.1 Betriebselektronik

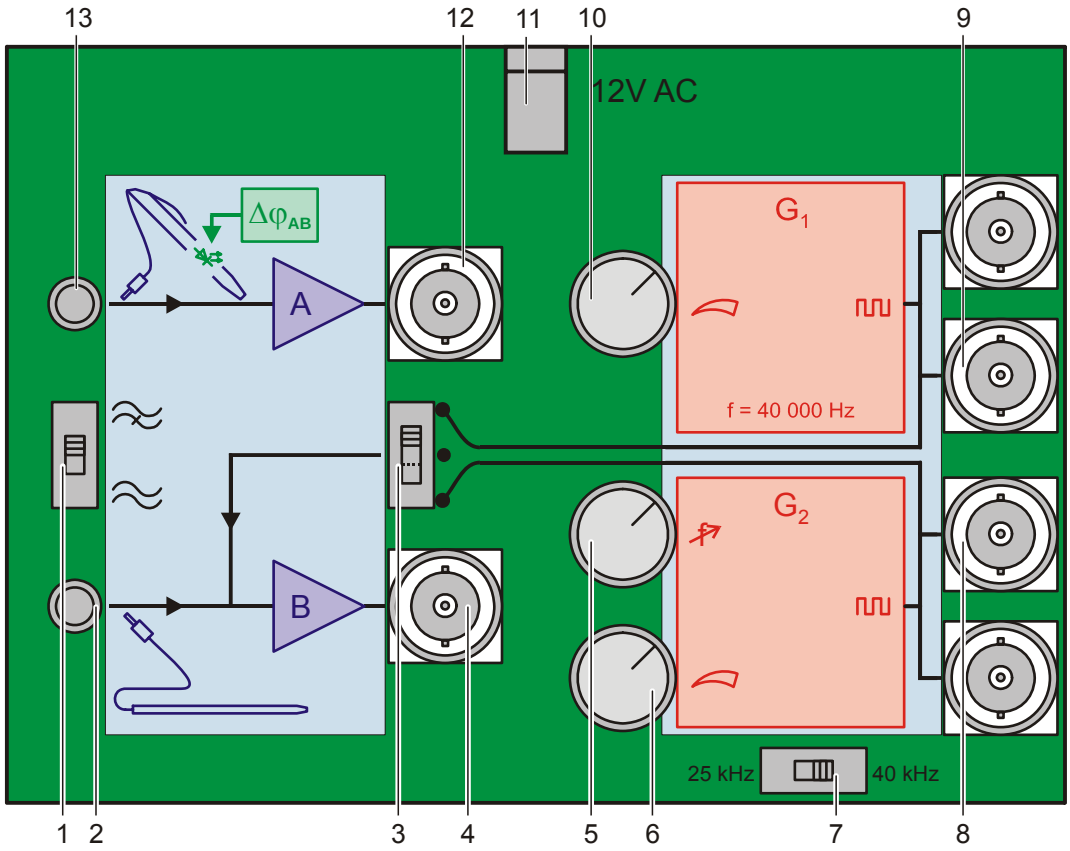


Fig. 1 Betriebselektronik

1 Schalter S1
2 Eingang Kanal B
3 Schalter S2
4 Ausgang Kanal B
5 Frequenzsteller des Generators G2
6 Amplitudensteller des Generators G2
7 Schalter S3
8 Ausgänge des Generators G2
9 Ausgänge des Generators G1
10 Amplitudensteller des Generators G1
11 Hohlbuchse für Steckernetzgerät
12 Ausgang Kanal A
13 Eingang Kanal A

Die Betriebselektronik dient zur Speisung der Ultraschallsender, zur Verstärkung der Signale aus den Mikrofonsonden oder dem US-Pen sowie zur Ansteuerung des Phasenzeigers im US-Pen.

Die Betriebselektronik besteht aus einem zweiteiligen Generatorblock und einem zweikanaligen Verstärkerblock, der eine Funktionseinheit zum Phasenvergleich zwischen beiden Kanälen enthält.

Im Generatorblock werden die Wechselspannungen für die Ultraschallsender erzeugt. Der Generator G1 wird durch einen Schwingquarz auf 40,000 kHz stabilisiert, während an G2 eine zwischen 25 und 40 kHz umschaltbare und zusätzlich um ca. ± 0,5 % variierbare Frequenz zur Verfügung steht. Beide Generatoren verfügen jeweils über einen Amplitudensteller und zwei parallel geschaltete Ausgangsbuchsen.

Im Verstärkerblock werden die elektrischen Spannungen der Ultraschallsonden verstärkt und auf die BNC-Buchsen geschaltet. Für beide Kanäle kann ein Hochpass zugeschaltet werden, um niederfrequente Schallanteile auszufiltern.

Den Eingangsverstärkern folgt eine Funktionsgruppe, die die Signale der Kanäle A und B vergleicht und in einen der Phasendifferenz proportionalen Gleichstrom wandelt. Dieser Strom wird über die Eingangsbuchse des Kanals A auf den US-Pen geführt. Beträgt die Phasendifferenz ein Vielfaches von 360° leuchtet die LED des US-Pen nur minimal.

Generator G1:

Frequenz:	40,000 kHz, quarzstabilisiert
Amplitude:	einstellbar
Ausgang:	2 BNC-Buchsen, parallel geschaltet

Generator G2:

Frequenzbereich 1:	ca. 38 … 42 kHz
Frequenzbereich 2:	ca. 24 … 26 kHz
Frequenzbereiche:	umschaltbar
Amplitude:	einstellbar
Ausgang:	2 BNC-Buchsen, parallel geschaltet

Verstärker (Kanal A und B):

Eingangswiderstand:	10 kΩ
Vorspannung:	8 V
Verstärkung	ca. 100
Ausgangswiderstand:	1 kΩ
Frequenzbereich:	2 kHz … 43 kHz (± 3dB) mit Hochpass 2 Hz … 43 kHz (± 3dB) ohne Hochpass
Eingänge:	Klinkenbuchse
Ausgänge:	BNC-Buchse

Phasenvergleich zwischen A und B:

Ansteuerstrom für US-Pen:	0 …15 mA (DC)
Einkopplung auf B:	Generatorsignal G1, Generatorsignal G2 oder abgeschaltet

Allgemeine Daten:

Stromversorgung:	12 V AC, 500 mA aus Steckernetzgerät
Abmessungen:	ca. 100x140x45 mm³
Masse:	ca. 530 g inkl. Steckernetzgerät

Steckernetzgerät für 1012845:

Primärseite:	230 V, 50/60 Hz
Sekundärseite:	12 V AC; 750 mA

Steckernetzgerät für 1012846:

Primärseite:	115 V, 50/60 Hz
Sekundärseite:	12 V AC; 500 mA

5.2 Ultraschallsender 40 kHz

Zur Auflage auf dem Arbeitstisch ausgelegter Ultraschallsender mit bündig zur Austrittsöffnung angeordnetem Ultraschallwandler in quadratischem Aluminiumrohr. Schwach ausgeprägte Resonanzkennlinie zum Betrieb im Frequenzbereich 1 des Generator G2 oder bei der festen Frequenz 40,000 kHz.

Hinweis: Der Frequenzbereich 2 der Betriebselektronik US kann nur mit einem separaten Wandler abgestrahlt werden, der nicht zum Lieferumfang des SW-Pakets gehört.

Eingangsspannung:	20 V AC RMS/ 70 Vpp max.
Impedanz:	> 500 Ω
Schalldruck:	110 dB bei 10 V
Bandbreite:	> 7 kHz / -90 dB
Frequenz:	40 kHz (±1 kHz)
Anschluss:	BNC-Stecker
Abmessungen:	ca. 20 x 20 x 60 mm³
Kabellänge:	ca. 1 m

5.3 Mikrofonsonde

Warnhinweis: Der Wandler in der Mikrofonsonde ist empfindlich gegen Feuchtigkeit und mechanischen Einwirkungen.

- Wandler keinen mechanischen Belastungen aussetzen und nicht in Kontakt mit Flüssigkeiten gelangen lassen.

Zur Auflage auf dem Arbeitstisch ausgelegte Mikrofonsonde mit unmittelbar an der Eintrittsöffnung angeordnetem Wandler in dünnem Metallrohr.

Frequenzbereich:	1 Hz bis 43 kHz
Ausgang:	Signal für Kanäle A oder B
Anschluss:	Klinkenstecker 3,5 mm (Spitze)
Kabellänge:	ca. 1 m
Abmessungen:	ca. 6 mm Ø x 150 mm
Masse:	ca. 25 g

5.4 US-Pen (inkl. Halter)

Warnhinweis: Der Wandler im US-Pen ist empfindlich gegen Feuchtigkeit und mechanischen Einwirkungen.

- Wandler keinen mechanischen Belastungen aussetzen und nicht in Kontakt mit Flüssigkeiten gelangen lassen.

Ultraschallsonde mit eingebautem Wandler und zusätzlichem Phasenzeiger in Form einer LED, deren Stromansteuerung aus den Signalspannungen A und B in der Betriebselektronik generiert wird. Die Helligkeit der LED wird auf ein Minimum reduziert, wenn die Phasendifferenz zwischen dem Messpunkt und einem ausgewählten Bezugspunkt ein Vielfaches von 360° ist.

Halterung und Führung in der Hand oder zur weitgehenden Vermeidung von störenden Reflexionen im mitgelieferten Halter möglich.

Eingang Phasenzeiger (nur aus Kanal A):	0 … 15 mA (DC)
Frequenzbereich:	1 Hz bis 43 kHz
Ausgang:	Signal für Kanäle A oder B
Anschluss:	Klinkenstecker 3,5 mm Eingang: Ring Ausgang: Spitze
Kabellänge:	ca. 1 m
Abmessungen:	ca. 10 mm Ø x 150 mm
Masse:	ca. 32 g ohne Halter

5.5 Hohlspiegel

Für den Halbraum über der Tischebene ausgelegter Hohlspiegel aus klarem Kunststoff.

Brennweite:	100 mm
Krümmungsradius:	200 mm
Abmessungen:	ca. 140 x 20 x 70 mm³

5.6 Fresnel'sche Zonenplatte

Für den Halbraum über der Tischebene ausgelegte Fresnel'sche Zonenplatte aus Kunststoff.

Brennweite:	35 mm
Abmessungen:	ca. 140 x 20 x 50 mm³

5.7 Ultraschallabsorber

Komponente zur Demonstration der Schalldämmung oder zur Unterdrückung von Direktschall zwischen Sender und Mikrofonsonde in einigen Experimenten.

Oberfläche:	Flauschtextil
Abmessungen:	ca. 80 x 15 x 50 mm³

5.8 Set für Doppelspalt

Gerätesatz zum Aufbau eines Doppel- bzw. Einzelspalts oder zur Verwendung als einzelne Reflektoren bzw. Spiegel.

Oberfläche:	kunststoffbeschichtet
Abmessungen:	ca. 100 x 20 x 50 mm³ bzw. ca. 20 x 20 x 50 mm³

5.9 Teildurchlässiger Spiegel (50%) und Teildurchlässiger Spiegel (25%)

Teilweise durchlässig und teilweise reflektierend aus perforiertem Kunststoff (50%) bzw. aus Aluminiumstreckmetall (25%).

Abmessungen:	ca. 100 x 20 x 60 mm³

5.10 BNC-Kabel

Zum Anschluss der Verstärkerausgänge an ein Oszilloskop.

Kabellänge:	ca. 1 m

5.11 Kabel BNC/ 4 mm

Zum Anschluss der Verstärkerausgänge an ein Analogvoltmeter.

Kabellänge:	ca. 1 m

5.12 Satz Arbeitsvorlagen

Arbeitsvorlagen zu den Experimenten:

- Beugung an einer Körperkante
- Wellenausbreitung hinter einem Spalt
- Beugung am Doppel-Spalt
- Konstruktive und destruktive Interferenz bei der Beugung am Doppel-Spalt
- Lloyd'scher Spiegel
- Aufbau eines einfachen Interferometers
- Aufbau eines Michelson-Interferometers

6. Bedienung

6.1 Ultraschallexperimente bei 40,000 kHz

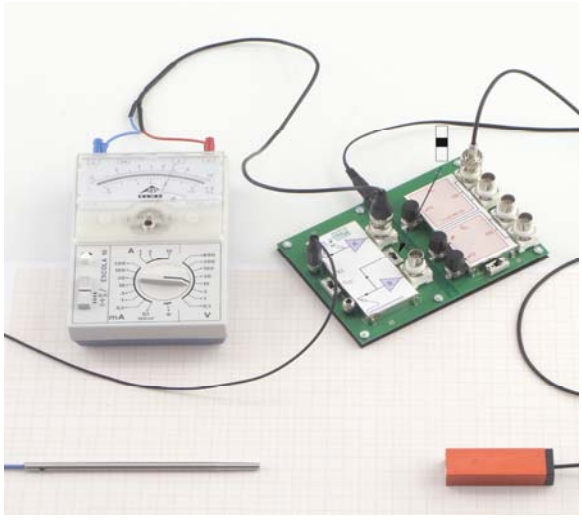


Fig. 2 Messung der Ultraschallamplitude mit dem Vielfachmessgerät

Erforderlich:

1 Betriebselektronik inkl. Steckernetzgerät

1 Ultraschallsender 40 kHz

1 Mikrofonsonde
oder
1 US-Pen

1 BNC-Kabel
bzw.
1 Kabel BNC/4 mm

Zusätzlich erforderlich:

1 USB-Oszilloskop 2x40 MHz	1012845
oder	
1 Analog Oszilloskop 2x20 MHz	1008695
oder	
1 Vielfachmessgerät ESCOLA 10	1006810

- Zur Stromversorgung des Betriebsgerätes mitgeliefertes Steckernetzgerät anschließen.
- Mit Schalter S1 Hochpassfilter einschalten (≈) und Schalter S2 auf ▤ stellen.
- Ultraschallsender 40 kHz an Ausgang des Generator G1 anschließen.
- Mikrofonsonde gegenüber Sender legen und an Eingang des Kanals A oder B der Betriebselektronik anschließen.
  Hinweis: Anstelle der Mikrofonsonde kann auch der US-Pen eingesetzt und an Kanal A oder B angeschlossen werden. Seine Spitze wird zur Schallquelle orientiert.
- Ausgang des Kanals an Oszilloskop (Messbereiche 1 V/DIV, 2 µs/DIV) oder an Vielfachmessgerät (Messbereich: AC, 10 V) anschließen.
- Schwingungsamplituden mit dem Oszilloskop oder Ausschlag des Vielfachmessgerätes beobachten und Ultraschallamplitude des Senders mit Amplitudensteller variieren.

  Hinweis: Der Zeigerausschlag des Vielfachmessgerätes reagiert zunächst proportional zur eingestellten Amplitude. Bei höheren Amplituden wird der Verstärker übersteuert und die Ausgangsspannung rechteckförmig, da der Spannungspegel am Ausgang A nur noch zwischen der negativen und positiven Betriebsspannung der Betriebselektronik wechselt. Das Oszilloskop zeigt dann einen trapez- oder rechteckförmig Kurvenverlauf.

6.2 Ultraschallexperimente bei variabler Frequenz

Erforderlich:

1 Betriebselektronik inkl. Steckernetzgerät

1 Ultraschallsender 40 kHz

1 Mikrofonsonde
oder
1 US-Pen

1 BNC-Kabel

Zusätzlich erforderlich:

1 USB-Oszilloskop 2x40 MHz	1012845
oder	
1 Analog Oszilloskop 2x20 MHz	1008695

- Zur Stromversorgung des Betriebsgerätes mitgeliefertes Steckernetzgerät anschließen.
- Mit Schalter S1 Hochpassfilter einschalten (≈) und Schalter S2 auf ▤ stellen.
- Ultraschallsender 40 kHz an Ausgang des Generator G2 anschließen.
- Mikrofonsonde gegenüber Sender legen und an Eingang des Kanals A oder B der Betriebselektronik anschließen.
  Hinweis: Anstelle der Mikrofonsonde kann auch der US-Pen eingesetzt und an Kanal A oder B angeschlossen werden. Seine Spitze wird zur Schallquelle orientiert.
- Ausgang des Kanals an Oszilloskop (Messbereiche 1 V/DIV, 2 µs/DIV) anschließen.
- Schwingungsamplituden mit dem Oszilloskop beobachten und Ultraschallamplitude des Senders mit Amplitudensteller variieren.
- Schwingungsdauer mit dem Oszilloskop beobachten und Frequenz des Senders mit Frequenzsteller variieren.

6.3 Untersuchung von Phasendifferenzen mit dem Phasenzeiger des US-Pen

Erforderlich:

1 Betriebselektronik inkl. Steckernetzgerät

1 Ultraschallsender 40 kHz

1 US-Pen

2 BNC-Kabel

Zusätzlich erforderlich:

1 USB-Oszilloskop 2x40 MHz 1012845
oder
1 Analog Oszilloskop 2x20 MHz 1008695

- Zur Stromversorgung des Betriebsgerätes mitgeliefertes Steckernetzgerät anschließen.
- Ultraschallsender an Generator G1 anschließen oder alternativ an Generator G2 anschließen.
- US-Pen an Kanal A anschließen.
- Mit Schalter S1 Hochpassfilter einschalten (≈) und Schalter S2 zur Einkopplung von Generator G1 auf ⋮ bzw. zur Einkopplung von Generator G2 auf ⋮ stellen.
- Ausgänge der Kanäle an Oszilloskop anschließen.
- US-Pen verschieben, so dass die LED als Phasenzeiger minimal leuchtet und Phasenbeziehungen zwischen beiden Signalen vergleichen.
- US-Pen verschieben, so dass die LED als Phasenzeiger maximal leuchtet und Phasenbeziehungen zwischen beiden Signalen vergleichen.
  Hinweis: Der Phasenzeiger zeigt die Phasendifferenz zwischen dem Generatorsignal und dem Empfängersignal des US-Pen an.
  Die Phasenbeziehung zwischen zwei beliebigen Punkten der Ultraschallwelle wird analysiert, wenn eine Mikrofonsonde an Kanal A angeschlossen und Schalter S2 auf ⋮ gestellt wird.

6.4 Aufzeichnung von Isophasen oder Bestimmung der Wellenlänge mit dem US-Pen

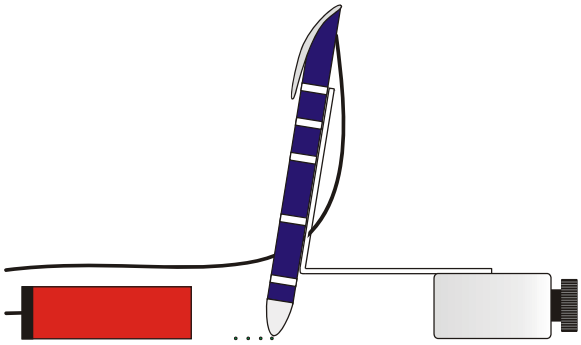


Fig. 3 Anordnung des US-Pen auf der Arbeitsplatte und Ausrichtung zur Schallquelle

Erforderlich:

1 Betriebselektronik inkl. Steckernetzgerät

1 Ultraschallsender 40 kHz

1 US-Pen

1 Halter für US-Pen

- Blatt Papier als Auflage verwenden.
- Zur Stromversorgung des Betriebsgerätes mitgeliefertes Steckernetzgerät anschließen.
- Ultraschallsender z.B. an Generator G1 anschließen.
- US-Pen an Kanal A anschließen und so im Halter montieren, dass die Spitze nur ca. 1 mm Abstand zur Auflage hat und mit Halter auf den Sender ausrichten.
- Mit Schalter S1 Hochpassfilter einschalten (≈) und Schalter S2 zur Einkopplung von Generator G1auf ⋮ stellen.
- US-Pen so verschieben, dass der Phasenzeiger minimal leuchtet.
- Mit feinem Stift die Position der Spitze des US-Pen auf dem Papier markieren.

Zur Aufzeichnung von Isophasen:

- US-Pen quer zur Abstrahlrichtung so verschieben, dass der Phasenzeiger weiterhin minimal leuchtet. Dabei auf Ausrichtung zum Sender achten.
- Mit feinem Stift die neue Position der Spitze des US-Pen auf dem Papier markieren.

Zur Bestimmung der Wellenlänge:

- US-Pen in Abstrahlrichtung verschieben, bis der Phasenzeiger wieder minimal leuchtet.
- Mit feinem Stift die neue Position der Spitze des US-Pen auf dem Papier markieren.

7. Experimente

7.1 Lloyd'scher Spiegel

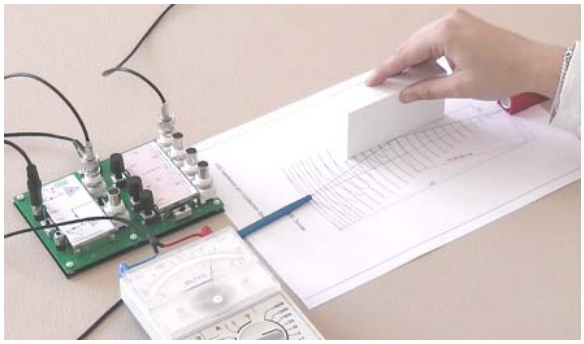


Fig. 4 Reflexion am Lloyd'schen Spiegel

Erforderlich:

1 Betriebselektronik inkl. Steckernetzgerät

1 Ultraschallsender 40 kHz

1 Mikrofonsonde

1 Reflektor

1 Kabel BNC/4 mm

Zusätzlich erforderlich:

1 Vielfachmessgerät ESCOLA 10 1006810

- Zur Stromversorgung des Betriebsgerätes mitgeliefertes Steckernetzgerät anschließen.
- Ultraschallsender an Generator G1 anschließen.
- Mikrofonsonde an Kanal A anschließen und in einigem Abstand gegenüber dem Sender anordnen.
- Ausgang des Kanals an Vielfachmessgerät (Messbereich: AC, 10 V) anschließen.
- Mit Schalter S1 Hochpassfilter einschalten (≈) und Schalter S2 auf ▤ stellen.
- Reflektor parallel zum Direktstrahl anordnen.
- Abstand des Reflektors zum Direktstrahl verändern und dabei auf Maxima und Minima der gemessenen Schallamplitude achten.

Hinweis: Nimmt der Abstand zwischen der durch Sender und Empfänger aufgespannten Ebene und reflektierenden Flächen wie z.B. der Grundplatte bestimmte Werte an, so können sich der direkte Strahl und der an der Fläche reflektierte Strahl destruktiv überlagern. Mit dem Lloyd'schen Spiegel kann der minimale Abstand für diesen Effekt bestimmt werden. Der Effekt tritt nicht mehr auf, wenn dieser Abstand durch Anordnung von Sender und Empfänger unmittelbar auf der Arbeitsplatte unterschritten wird.

7.2 Reflexion an einem Hohlspiegel

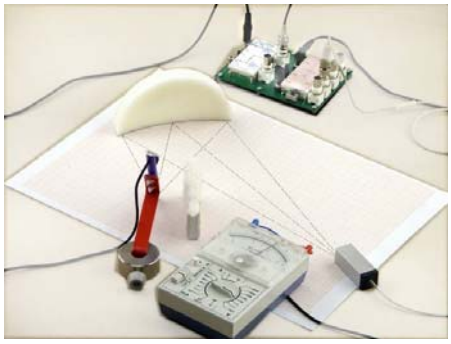


Fig. 5 Reflexion eines divergenten Schallbündels am Hohlspiegel

Erforderlich:

1 Betriebselektronik inkl. Steckernetzgerät

1 Ultraschallsender 40 kHz

1 US-Pen inkl. Halter
oder
1 Mikrofonsonde

1 Hohlspiegel

1 Absorber

1 Kabel BNC/4 mm

Zusätzlich erforderlich:

1 Vielfachmessgerät ESCOLA 10 1006810

- Zur Stromversorgung des Betriebsgerätes mitgeliefertes Steckernetzgerät anschließen.
- Ultraschallsender an Generator G1 anschließen.
- US-Pen oder alternativ Mikrofonsonde an Kanal A anschließen und in einigem Abstand gegenüber dem Sender anordnen.
- Ausgang des Kanals an Vielfachmessgerät (Messbereich: AC, 10 V) anschließen.
- Mit Schalter S1 Hochpassfilter einschalten (≈) und Schalter S2 auf ▤ stellen.
- Hohlspiegel aufstellen und Sender auf ihn ausrichten.
- Reflektor parallel zum Direktstrahl anordnen.
- Die optimale Position des Empfängers durch geometrische Konstruktion ermitteln und US-Pen dort aufstellen.
- US-Pen so verschieben, dass das Empfängersignal maximal wird.

Hinweis: Die Anordnung von Sender und Empfänger zum Hohlspiegel ist mit einer Haussatelliten-Empfangsanlage vergleichbar.

7.3 Beugung an einer Kante

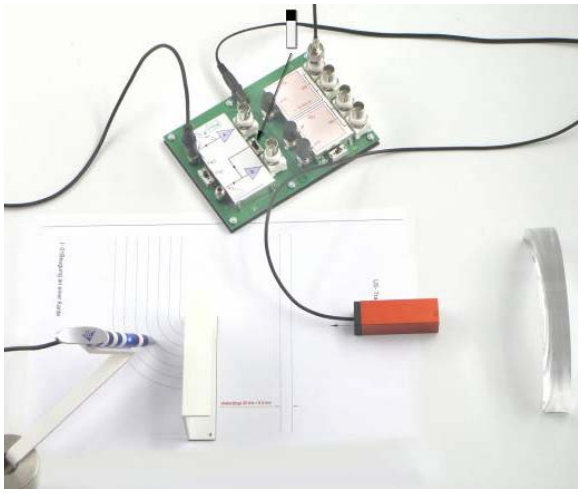


Fig. 6 Aufzeichnung der Isophasen bei der Beugung ebener Wellen an einer Kante

Erforderlich:

1 Betriebselektronik inkl. Steckernetzgerät
1 Ultraschallsender 40 kHz
1 US-Pen mit Halter
1 Hohlspiegel
1 Reflektor

- Zur Stromversorgung des Betriebsgerätes mitgeliefertes Steckernetzgerät anschließen.
- Hohlspiegel aufstellen und Brennpunkt markieren (Brennweite 100 mm).
- Ultraschallsender an Generator G1 anschließen und im Brennpunkt des Hohlspiegels auf den Hohlspiegel ausrichten.
- Mit Schalter S1 Hochpassfilter einschalten (≈) und Schalter S2 zur Einkopplung von Generator G1auf ⎓ stellen.
- US-Pen an Kanal A anschließen und so im Halter montieren, dass die Spitze nur ca. 1 mm Abstand zur Auflage hat.
- US-Pen mit Halter hinter dem Sender aufstellen und auf den Hohlspiegel ausrichten.
- US-Pen so verschieben, dass der Phasenzeiger erlischt, und Position des US-Pen auf der Unterlage markieren.
- Zur Aufzeichnung der Wellenfronten nach Reflexion am Hohlspiegel US-Pen quer zur Strahlachse verschieben und Punkte minimaler Helligkeit des Phasenzeigers markieren.
- US-Pen in Strahlrichtung verschieben und nächste Isophase aufzeichnen.
- Reflektor als beugende Kante aufstellen und durch Beugung geänderte Isophasen ermitteln.

Hinweis: Die Isophasen (die Punkte minimaler Helligkeit) entsprechen einem „Schnappschuss" der Wellenfronten. Der Abstand zweier Isophasen beträgt eine Wellenlänge.

7.4 Beugung am Doppelspalt

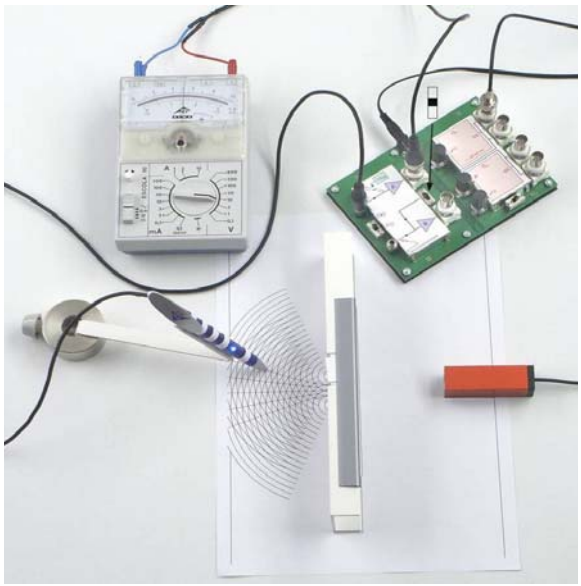


Fig. 7 Beugung am Doppelspalt

Hinweis: In den beiden Spalten entstehen jeweils neue kreisförmige Wellenfronten, die in der Vorlage im Abstand einer halben Wellenlänge vorgezeichnet wurden. Deren Schnittpunkte bilden Linien (Hyperbeln) destruktiver und konstruktiver Interferenz.

Erforderlich:

1 Betriebselektronik inkl. Steckernetzgerät
1 Ultraschallsender 40 kHz
1 US-Pen mit Halter
1 Set für Doppelspalt
1 Absorber
1 Kabel BNC/4 mm

Zusätzlich erforderlich:

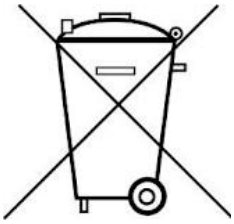
1 Vielfachmessgerät ESCOLA 10 1006810

- Zur Stromversorgung des Betriebsgerätes mitgeliefertes Steckernetzgerät anschließen.
- Arbeitsvorlage verwenden.
- Doppelspalt aufbauen und auf gleiche Spaltbreiten (ca. 5 mm) achten.
- Ultraschallsender 40 KHz an Generator G1 anschließen und mittig auf Doppelspalt ausrichten.
- Mit Schalter S1 Hochpassfilter einschalten (≈) und Schalter S2 zur Einkopplung von Generator G1auf ⎓ stellen.

- US-Pen an Kanal A anschließen und so im Halter montieren, dass die Spitze nur ca. 1 mm Abstand zur Auflage hat.
- US-Pen mit Halter hinter dem Doppelspalt auf eine vorgezeichnete Wellenfront setzen.
- Ultraschallsender in Strahlrichtung verschieben, bis der Phasenzeiger erlischt.
- Durch Verschieben des US-Pen die in der Arbeitsvorlage eingezeichneten Wellenfronten nachvollziehen.
- US-Pen auf einen Punkt einer blauen Hyperbel setzen, sorgfältig zur Mitte des Doppelspalts ausrichten und minimalen Zeigerausschlag am Vielfachmessgerät als Beugungsminimum identifizieren.
- US-Pen parallel zum Doppelspalt verschieben und Beugungsmaxima und Beugungsminima aufsuchen.

Hinweis: Befindet sich der US-Pen in der Position eines ersten Beugungsminimums, so lässt sich durch Abdecken des ersten oder des zweiten Spaltes die Intensität am Messort deutlich steigern. Mit Hilfe eines Oszilloskops kann zusätzlich gezeigt werden, dass die jeweiligen Messkurven des ersten und des zweiten Spaltes bei gleicher Amplitude um 180° verschoben sind.

8. Entsorgung



Bei einer eventuellen Verschrottung gehört das Gerät nicht in den normalen Hausmüll!

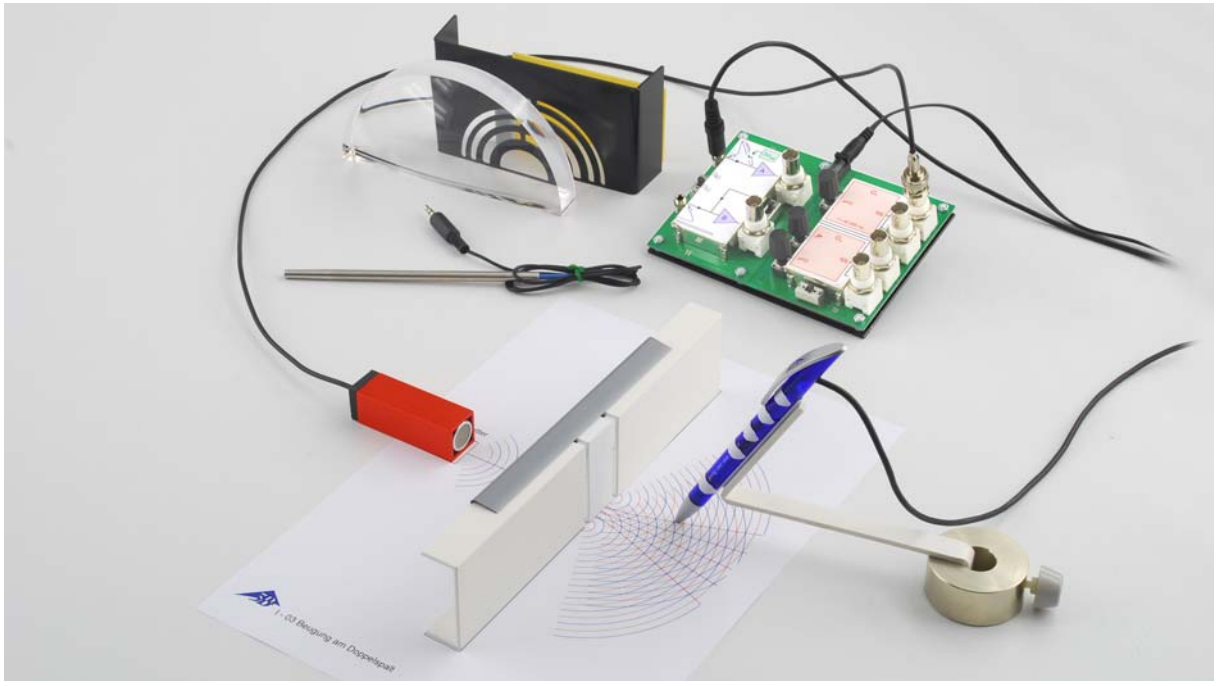
- Verpackung und Komponenten bei den örtlichen Recyclingstellen entsorgen.

© Copyright 2012 3B Scientific GmbH

SW Set - Ultrasonics (230 V, 50/60 Hz) 1012845
SW Set - Ultrasonics (115 V, 50/60 Hz) 1012846

Instruction manual

08/12 TL



1. Description

The SW set for ultrasonics is designed to demonstrate the fundamental properties of waves in the form of a space-saving table-top set-up, using 40-kHz ultrasonic waves as an example.

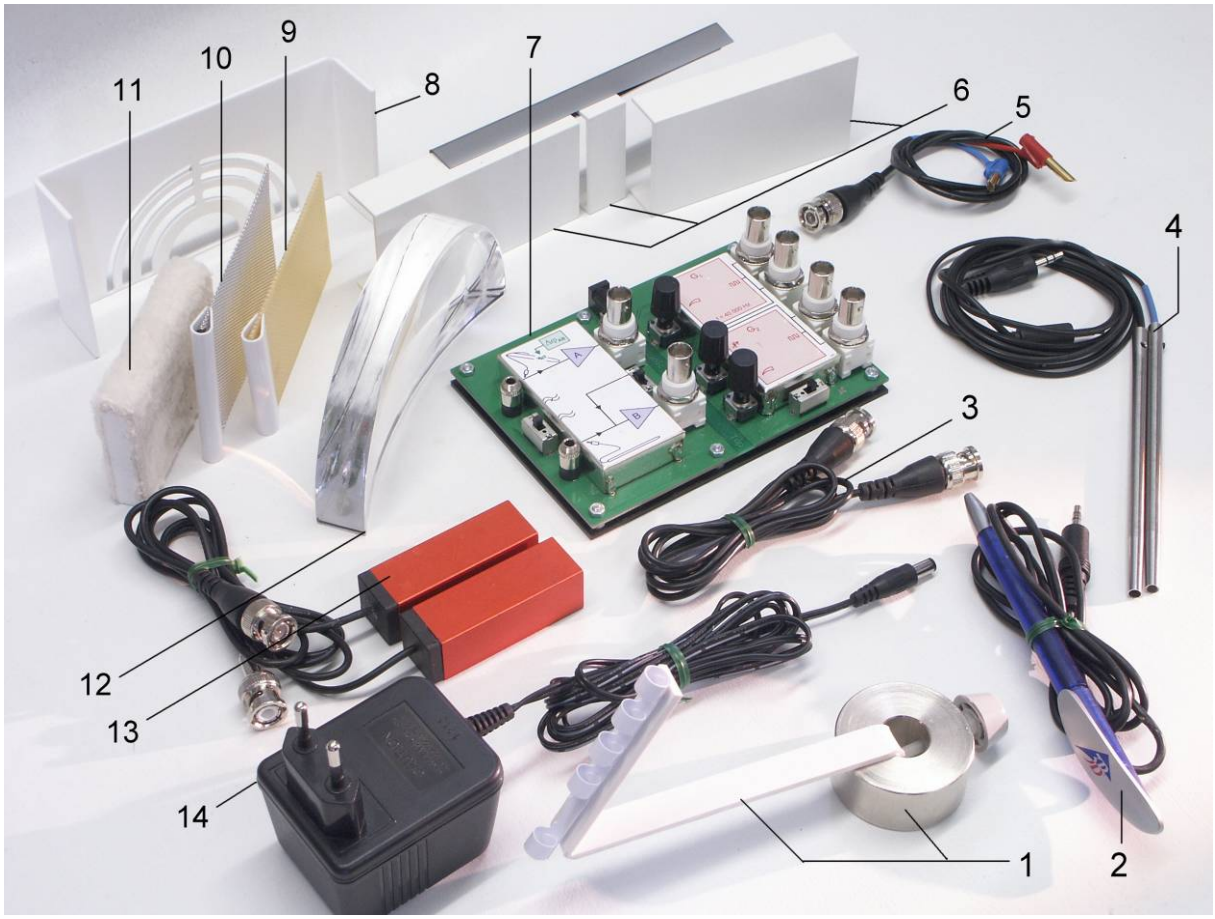
The sound is propagated along the surface of the table, to a good approximation. Diffraction objects, plane and convex mirrors etc. are therefore designed to be set up in the plane above the table top. This facilitates setting up easily understood experiments using work templates and overlays.

Suitable probes make it possible to record oscillations at any point of the wave and to measure the field of sound after reflection, wave diffraction and interference. One of these probes, the ultrasonic pen, also features a phase indicator in the form of an LED, the brightness of which is reduced to a minimum when the phase difference between the point where the measurement is being made and a selected reference point is a multiple of 360°. The ultrasonic pen can thus be used to record wave fronts as lines of similar phase, for example (isophases).

For some advanced experiments it is recommended that a multimeter with a suitable frequency response be used to measure the amplitude of ultrasonic waves. Connecting a dual-channel oscilloscope allows the ultrasonic oscillations at the location of the probe to be displayed.

The equipment set with the order no. 1012845 is designed for mains voltage of 230 V (±10%), while set no. 1012846 is for 115 V (±10%).

2. Equipment supplied



1 Holder for ultrasonic pen
2 Ultrasonic pen
3 BNC cable, 1 m (2x)
4 Microphone probes (2x)
5 BNC/4-mm cable
6 Set for double slit
including 2 mirrors/reflectors
7 Electronics board
8 Fresnel zone plate
9 Semi-transparent mirror, 50%
10 Semi-transparent mirror, 25%
11 Ultrasonic absorber
12 Convex mirror
13 Ultrasonic transmitter, 40 kHz (2x)
14 Plug-in power supply (230 V, 50/60 Hz)
or
Plug-in power supply (115 V, 50/60 Hz) not shown
Set of templates not shown

3. Electrical safety

The SW ultrasonics set conforms to safety regulations for electrical measurement, control and laboratory equipment as specified in DIN EN 61010 part 1. It is designed for operation in dry rooms suitable for electrical equipment.

Safe operation of the system is guaranteed if used as stipulated. Safety cannot, however, be assured if the equipment is treated incorrectly or carelessly.

4. CE compliance

The SW ultrasonics set (electronics board, ultrasonic pen and microphone probe) conform to European guidelines for electromagnetic compatibility (EC 108/2004) and are therefore CE compliant.

5.1 Electronics board

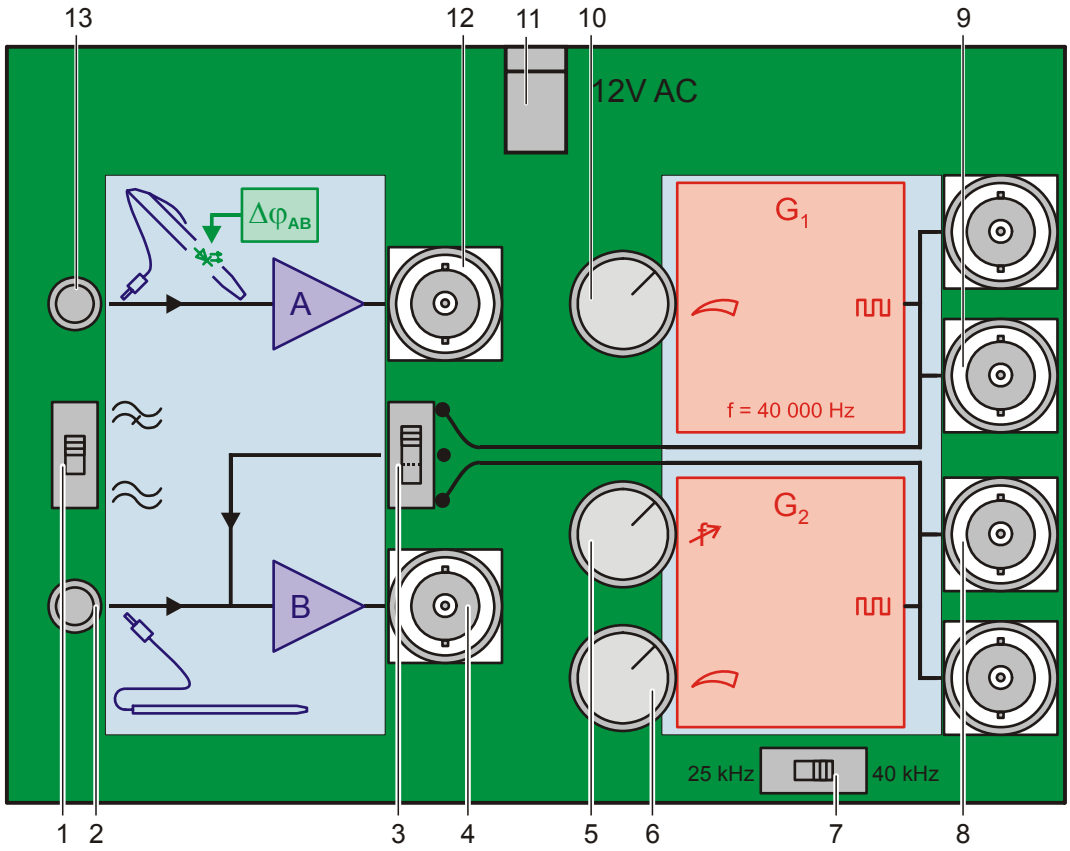


Fig. 1 Electronics board

1 Switch S1
2 Input for channel B
3 Switch S2
4 Output for channel B
5 Frequency trimmer for generator G2
6 Amplitude trimmer for generator G2
7 Switch S3
8 Outputs for generator G2
9 Outputs for generator G1
10 Amplitude trimmer for generator G1
11 Co-axial connector for plug-in power supply
12 Output for channel A
13 Input for channel A

The electronics board for operating the equipment provides the power feed for the ultrasonic transmitter and amplification for signals from the microphone probes or ultrasonic pen, as well as handling control of the phase indicator in the ultrasonic pen.

The electronics board consists of a generator block in two parts and a two-channel amplifier block, which also includes a functional unit for comparing phase between the two channels.

The AC voltages for the ultrasonic transmitter are produced in the generator block. Generator G1 is stabilised to 40.000 kHz by a quartz oscillator, while G2 can be switched between frequencies of 25 and 40 kHz, which can also be varied by about ±0.5%. Both generators are equipped with an amplitude trimmer and two output sockets connected in parallel.

In the amplifier block, the voltages from the ultrasonic probes are amplified and output to the BNC sockets. It is possible to connect a high-pass filter into the circuit for both channels, in order to filter out low-frequency components of the sound.

After the input amplifiers there is a functional block which compares the signals from channels

A and B and converts the results into a DC current proportional to the phase difference. This current is then fed via the input socket of channel A to the ultrasonic pen. If the phase difference is a multiple of 360°, the brightness of the LED on the pen will be reduced to a minimum.

Generator G1:

Frequency:	40.000 kHz, stabilised by quartz oscillator
Amplitude:	Adjustable
Output:	2 BNC sockets, connected in parallel

Generator G2:

Frequency range 1:	38 … 42 kHz approx.
Frequency range 2:	24 … 26 kHz approx.
Frequency ranges:	Switchable
Amplitude:	Adjustable
Output:	2 BNC sockets, connected in parallel

Amplifiers (channels A and B):

Input resistance:	10 kΩ
Bias:	8 V
Gain	100 approx.
Output resistance:	1 kΩ
Frequency range:	2 kHz … 43 kHz (± 3 dB) with high-pass filter 2 Hz … 43 kHz (± 3 dB) without high-pass filter
Inputs:	Jack sockets
Outputs:	BNC sockets

Phase comparison between A and B:

Control current for ultrasonic pen:	0 …15 mA (DC)
Coupling with B:	Generator signal G1, Generator signal G2 or off

General data:

Power supply:	12 V AC, 500 mA from plug-in transformer
Dimensions:	100x140x45 mm approx.
Weight:	530 g approx. including plug-in power supply

Plug-in power supply for 1012845:

Primary side:	230 V, 50/60 Hz
Secondary side:	12 V AC; 750 mA

Plug-in power supply for 1012846:

Primary side:	115 V, 50/60 Hz
Secondary side:	12 V AC; 500 mA

5.2 Ultrasonic transmitter, 40 kHz

Ultrasonic transmitter for setting up on a table top with an ultrasonic transducer located flush with the exit opening inside a square aluminium tube. Gently curved resonance characteristic for operation in frequency range 1 of Generator G2 or at a frequency of 40.000 kHz.

Note: Frequency range 2 on the ultrasonic electronics board can only be output using a separate ultrasonic transducer which is not included in the SW ultrasonics set.

Input voltage:	20 V AC RMS/ 70 Vpp max.
Impedance:	> 500 Ω
Acoustic pressure:	110 dB at 10 V
Band width:	> 7 kHz/-90 dB
Frequency:	40 kHz (±1 kHz)
Connectors:	BNC plugs
Dimensions:	20 x 20 x 60 mm approx.
Cable length:	1 m approx.

5.3 Microphone probe

Warning: The transducer in the microphone probe is sensitive to moisture and mechanical effects.

- Do not subject the transducer to any mechanical stresses and do not let it come into contact with liquids.

Microphone probe for setting up on a table top with transducer positioned flush with the entry opening in a thin metal tube.

Frequency range:	1 Hz to 43 kHz
Output:	Signal for channel A or B
Connectors:	3.5-mm jack plugs (tip)
Cable length:	1 m approx.
Dimensions:	6 mm x 150 mm approx.
Weight:	25 g approx.

5.4 Ultrasonic pen (including holder)

Warning: The transducer in the ultrasonic pen is sensitive to moisture and mechanical effects.

- Do not subject the transducer to any mechanical stresses and do not let it come into contact with liquids.

Ultrasonic probe with built-in transducer and additional phase indicator in the form of an LED, controlled by a current generated by the electronics board from the signal voltages of channels A and B. The brightness of the LED is reduced to a minimum when the phase difference between the point where the measurement is being made and a selected reference point is a multiple of 360°.

The equipment can be held and moved by hand or, in order to avoid interference from reflections, in the supplied holder.

Phase indicator input (from channel A only):	0 … 15 mA (DC)
Frequency range:	1 Hz to 43 kHz
Output:	Signal for channel A or B
Connectors:	3.5-mm jack plugs, input: ring output: tip
Cable length:	1 m approx.
Dimensions:	10 mm x 150 mm approx.
Weight:	32 g approx. without holder

5.5 Convex mirror

Transparent plastic convex mirror designed for the space above a table top.

Focal length:	100 mm
Radius of curvature:	200 mm
Dimensions:	140 x 20 x 70 mm approx.

5.6 Fresnel zone plate

Plastic Fresnel zone plate designed for the space above a table top.

Focal length:	35 mm
Dimensions:	140 x 20 x 50 mm approx.

5.7 Ultrasonic absorber

Component for demonstrating sound insulation or for suppressing sound travelling directly from transmitter to microphone probe in some experiments.

Surface:	Fleece textile
Dimensions:	80 x 15 x 50 mm approx.

5.8 Set for double slit

Set of equipment for setting up a double or single slit or for use as individual reflectors or mirrors.

Surface:	Plastic coated
Dimensions:	100 x 20 x 50 mm approx. or 20 x 20 x 50 mm approx.

5.9 Semi-transparent mirror (50%) and Semi-transparent mirror (25%)

Partially transparent and partially reflecting mirrors made of perforated plastic (50%) or expanded aluminium (25%).

Dimensions:	100 x 20 x 60 mm approx.

5.10 BNC cable

For connecting amplifier outputs to an oscilloscope.

Cable length:	1 m approx.

5.11 BNC/4-mm cable

For connecting amplifier outputs to an analog voltmeter.

Cable length:	1 m approx.

5.12 Set of work templates

Work templates for experiments:

- Diffraction at an edge
- Propagation of waves beyond a slit
- Diffraction by a double slit
- Constructive und destructive interference arising from diffraction by a double slit
- Lloyd's mirror
- Set-up for a simple interferometer
- Set-up for a Michelson interferometer

6. Operation

6.1 Ultrasonics experiments at 40.000 kHz

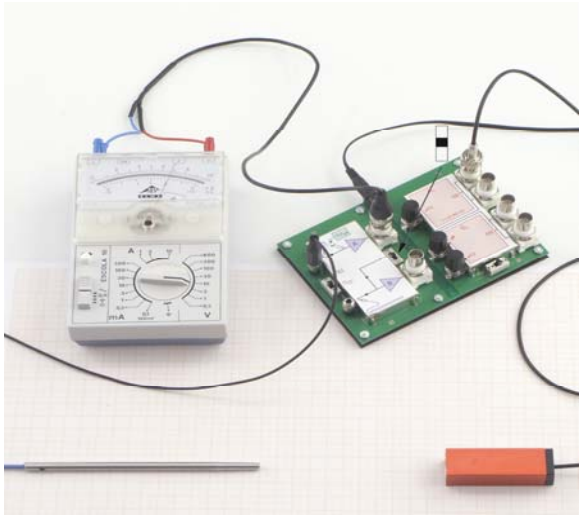


Fig. 2 Measurement of ultrasonic amplitude using a multimeter

Required:

1 Electronics board with plug-in power supply
1 Ultrasonic transmitter, 40 kHz
1 Microphone probe
or
1 Ultrasonic pen
1 BNC cable
or
1 BNC/4-mm cable

Additionally required:

1 USB oscilloscope, 2x40 MHz	1012845
or	
1 Analog oscilloscope, 2x20 MHz	1008695
or	
1 ESCOLA 10 multimeter	1006810

- Connect the supplied plug-in transformer to provide power to the equipment.
- Turn on the high-pass filter by means of switch S1 (≈) and set switch S2 to ▮.
- Connect the 40-kHz ultrasonic transmitter to the output of Generator G1.
- Place the microphone probe opposite the transmitter and connect it to channel A or B on the electronics board.
  Note: The ultrasonic pen can be used instead of the microphone probe and connected to channel A or B. Its tip should point towards the sound source.
- Connect the output of the channel to an oscilloscope (measuring ranges 1 V/div, 2 µs/div) or a multimeter (measuring range: AC, 10 V).
- Observe the amplitudes of the oscillations with the oscilloscope or via the deflection of the multimeter and vary the amplitude of the ultrasound from the transmitter using the amplitude trimmer.

  Note: the deflection of the multimeter needle is initially proportional to the set amplitude. At higher amplitudes the amplifier becomes overdriven and the output voltage takes on a square-wave character, since the voltage level at Output A merely switches between the negative and positive operating voltages of the electronics board. The oscilloscope displays a trapezoidal or square curve.

6.2 Ultrasonic experiments with variable frequencies

Required:

1 Electronics board and plug-in power supply
1 Ultrasonic transmitter, 40 kHz
1 Microphone probe
or
1 Ultrasonic pen
1 BNC cable

Additionally required:

1 USB oscilloscope, 2x40 MHz	1012845
or	
1 Analog oscilloscope, 2x20 MHz	1008695

- Connect the supplied plug-in transformer to provide power to the equipment.
- Turn on the high-pass filter by means of switch S1 (≈) and set switch S2 to ▮.
- Connect the 40-kHz ultrasonic transmitter to the output of Generator G2.
- Place the microphone probe opposite the transmitter and connect it to channel A or B on the electronics board.
  Note: The ultrasonic pen can be used instead of the microphone probe and connected to channel A or B. Its tip should point towards the sound source.
- Connect the output of the channel to an oscilloscope (measuring ranges 1 V/div, 2 µs/div).
- Observe the amplitudes of the oscillations with the oscilloscope and vary the amplitude of the ultrasound from the transmitter using the amplitude trimmer.
- Observe the period of oscillation with the oscilloscope and vary the frequency of the transmitter using the frequency trimmer.

6.3 Investigation of phase differences using the phase indicator on the ultrasonic pen

Required:

1 Electronics board and plug-in power supply

1 Ultrasonic transmitter, 40 kHz

1 Ultrasonic pen

2 BNC cables

Additionally required:

1 USB oscilloscope, 2x40 MHz 1012845
or
1 Analog oscilloscope, 2x20 MHz 1008695

- Connect the supplied plug-in transformer to provide power to the equipment.
- Connect the ultrasonic transmitter to Generator G1 or alternatively to Generator G2.
- Connect the ultrasonic pen to channel A.
- Turn on the high-pass filter by means of switch S1 (≈) and either set switch S2 to ⫶ in order to couple to Generator G1 or ⫶ in order to couple to Generator G2.
- Connect the channel outputs to the oscilloscope..
- Move the ultrasonic pen to a position where the LED acting as a phase indicator is lit to its maximum intensity and compare the phase differences between the two signals.

  Note: the phase indicator shows the difference between the generator signal and the signal received from the ultrasonic pen.
  The phase relationship between two arbitrary points on the ultrasonic wave are analysed when a microphone probe is connected to channel A and switch S2 is set to ⫶.

6.4 Recording of isophases or determination of wavelength with the ultrasonic pen

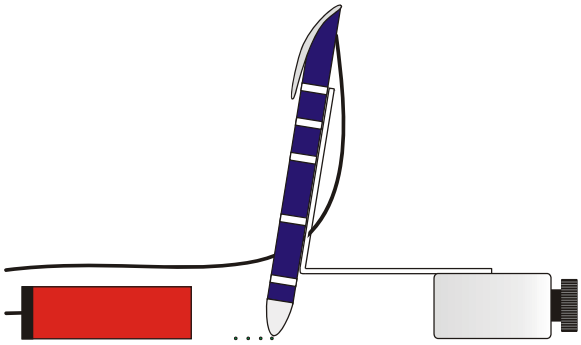


Fig. 3 Positioning of ultrasonic pen on work base and alignment towards sound source

Required:

1 Electronics board and plug-in power supply

1 Ultrasonic transmitter, 40 kHz

1 Ultrasonic pen

1 Holder for ultrasonic pen

- Use a plain sheet of paper as a base.
- Connect the supplied plug-in transformer to provide power to the equipment.
- Connect the ultrasonic transmitter to Generator G, for example.
- Connect the ultrasonic pen to channel A and set it up in its holder in such a way that the tip is only about 1 mm from the paper with the holder pointing towards the sound source.
- Turn on the high-pass filter by means of switch S1 (≈) and set switch S2 to ⫶ in order to couple to Generator G1.
- Move the ultrasonic pen to a position where the LED is only lit to its minimum intensity.
- Use a fine pen to mark the position of the ultrasonic pen's tip on the paper.

To record isophases:

- Move the ultrasonic pen across the line of the beam until the phase indicator is once again at its minimum, making sure you keep the pen pointing towards the transmitter.
- Use a fine pen to mark the new position of the ultrasonic pen on the paper.

To determine wavelength:

- Move the ultrasonic pen in the direction of the beam until the phase indicator is once again at a minimum.
- Use a fine pen to mark the new position of the ultrasonic pen on the paper.

7. Experiments

7.1 Lloyd's mirror

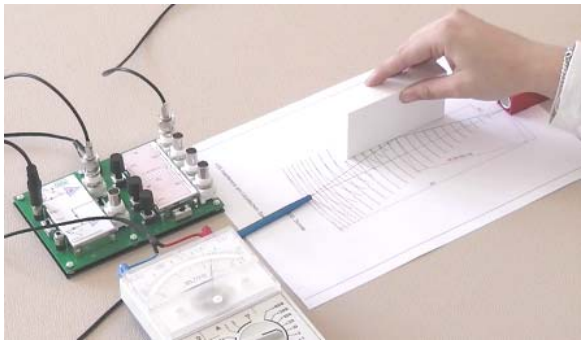


Fig. 4 Reflection from Lloyd's mirror

Required:

1 Electronics board and plug-in power supply
1 Ultrasonic transmitter, 40 kHz
1 Microphone probe
1 Reflector
1 BNC/4-mm cable

Additionally required:

1 ESCOLA 10 multimeter 1006810

- Connect the supplied plug-in transformer to provide power to the equipment.
- Connect the ultrasonic transmitter to Generator G1.
- Connect the microphone probe to channel A and set it up some distance in front of the transmitter.
- Connect the output of the channel to the multimeter (measuring range: AC, 10 V).
- Turn on the high-pass filter by means of switch S1 (≈) and set switch S2 to ▮.
- Set up the reflector parallel to the main beam.
- Change the distance of the reflector from the main beam and observe the maxima and minima in the measured sound amplitude.

Note: If the distance between the plane between the transmitter and receiver and reflecting surfaces such as the base plate is equal to certain specific values, then the direct beam and the one reflected from the surface may be superimposed in such a way that destructive interference ensues. With Lloyd's mirror it is possible to determine the minimum distance at which this effect occurs. The effect does not occur at all if the transmitter and receiver are set up so close together on the base plate that they are nearer to each other than this minimum distance.

7.2 Reflection from a convex mirror

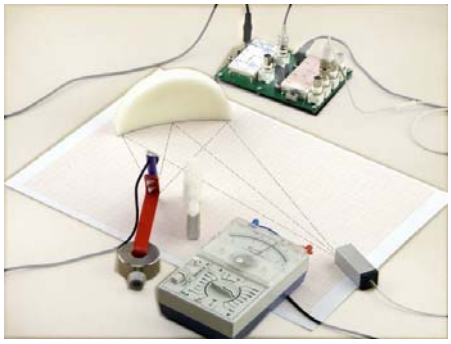


Fig. 5 Reflection of a diverging sound beam by a convex mirror

Required:

1 Electronics board and plug-in power supply
1 Ultrasonic transmitter, 40 kHz
1 Ultrasonic pen with holder
or
1 Microphone probe
1 Convex mirror
1 Absorber
1 BNC/4-mm cable

Additionally required:

1 ESCOLA 10 multimeter 1006810

- Connect the supplied plug-in transformer to provide power to the equipment.
- Connect the ultrasonic transmitter to Generator G1.
- Connect the ultrasonic pen, or alternatively a microphone probe, to channel A and set it up some distance in front of the transmitter.
- Connect the output of the channel to the multimeter (measuring range: AC, 10 V).
- Turn on the high-pass filter by means of switch S1 (≈) and set switch S2 to ▮.
- Set up the convex mirror and point the transmitter towards it.
- Set up the reflector parallel to the direct beam.
- Find the optimum position for the receiver by using a geometric construction and position the ultrasonic pen at that point.
- Move the ultrasonic pen until the received signal is at a maximum.

Note: The alignment of the receiver and transmitter with the convex mirror is comparable to a domestic satellite dish.

7.3 Diffraction by an edge

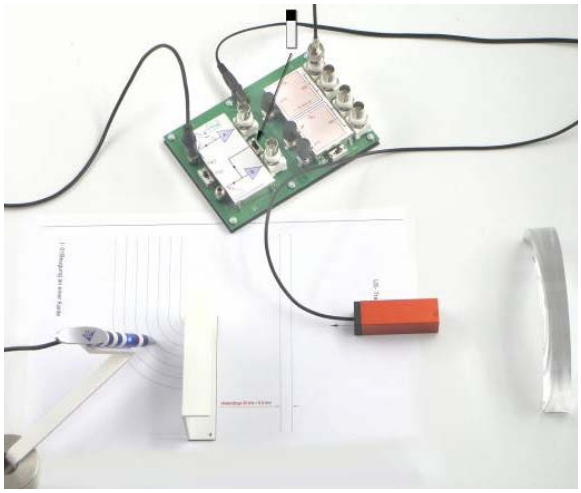


Fig. 6 Recording isophases when plane waves are diffracted by an edge

Required:

1 Electronics board and plug-in power supply
1 Ultrasonic transmitter, 40 kHz
1 Ultrasonic pen with holder
1 Convex mirror
1 Reflector

- Connect the supplied plug-in transformer to provide power to the equipment.
- Set up the convex mirror and mark the focal point (focal length 100 mm).
- Connect the ultrasonic transmitter to Generator G1 and set it up facing the convex mirror at the mirror's focal point.
- Turn on the high-pass filter by means of switch S1 (≈) and set switch S2 to ⎓ in order to couple to Generator G1.
- Connect the ultrasonic pen to channel A and set it up in its holder in such a way that the tip is only about 1 mm from the template.
- Set up the ultrasonic pen in its holder behind the transmitter such that it is pointing towards the convex mirror.
- Move the ultrasonic pen until the phase indicator goes out and then mark the position of the ultrasonic pen on the template.
- To record the wave fronts after reflection from the convex mirror move the ultrasonic pen across the axis of the beam and mark the points where the brightness of the phase indicator is art a minimum.
- Move the ultrasonic pen in the direction of the beam and record the following isophase.
- Set up the reflector such that diffraction occurs at its edge and determine the altered isophases due to the diffraction.

Note: The isophases (points where the brightness is at a minimum) correspond to a "snapshot" of the wave fronts. The distance between two isophases is equal to one wavelength.

7.4 Diffraction by a double slit

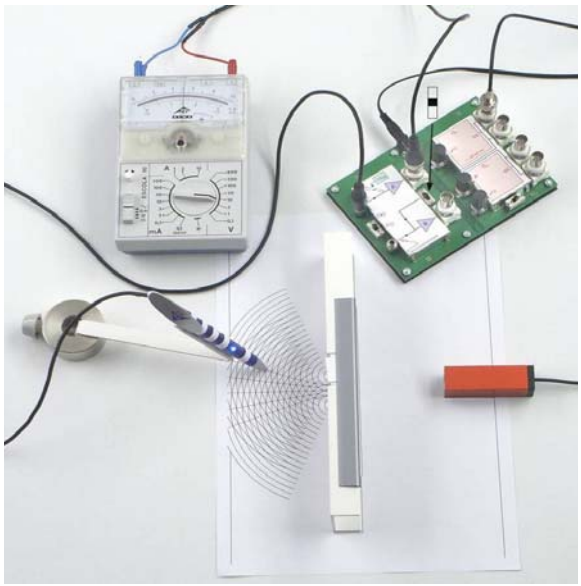


Fig. 7 Diffraction by a double slit

Note: New circular wave fronts emerge from both slits. The template already has such wave fronts drawn on it with a separation of half a wavelength. The points where these lines cross form lines (hyperbolae) indicating constructive and destructive interference.

Required:

1 Electronics board and plug-in power supply
1 Ultrasonic transmitter, 40 kHz
1 Ultrasonic pen with holder
1 Set for double slit
1 Absorber
1 BNC/4-mm cable

Additionally required:

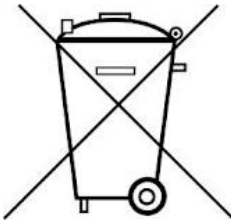
1 ESCOLA 10 multimeter 1006810

- Connect the supplied plug-in transformer to provide power to the equipment.
- Use the appropriate template.
- Set up the double slit, making sure the slits are the same width (about 5 mm).
- Connect the 40-kHz ultrasonic transmitter to Generator G1 and align it with the middle of the double slit.
- Turn on the high-pass filter by means of switch S1 (≈) and set switch S2 to ⎓ in order to couple to Generator G1.

- Connect the ultrasonic pen to channel A and set it up in its holder in such a way that the tip is only about 1 mm from the template.
- Place the ultrasonic pen in its holder behind the double slit on one of the pre-drawn wave fronts.
- Move the ultrasonic transmitter in the direction of the beam till the phase indicator goes out.
- Confirm the locations of the wave fronts are as drawn on the template by moving the ultrasonic pen appropriately.
- Position the ultrasonic pen at a point on one of the blue hyperbolae, carefully align it towards the middle of the double slit and identify by the minimal needle deflection on the multimeter that this is a diffraction minimum.
- Move the ultrasonic pen parallel to the double slit and look for diffraction minima and maxima.

Note: If the ultrasonic pen is at the position of one of the first diffraction minima, covering one or other of the slits should cause the intensity at the measuring point to increase markedly. In addition, it is possible to demonstrate with the help of an oscilloscope that the measured curves from the two slits have the same amplitude but are phase-shifted by 180°.

8. Disposal



Should the equipment need to be scrapped, it must not be disposed of in normal household waste.

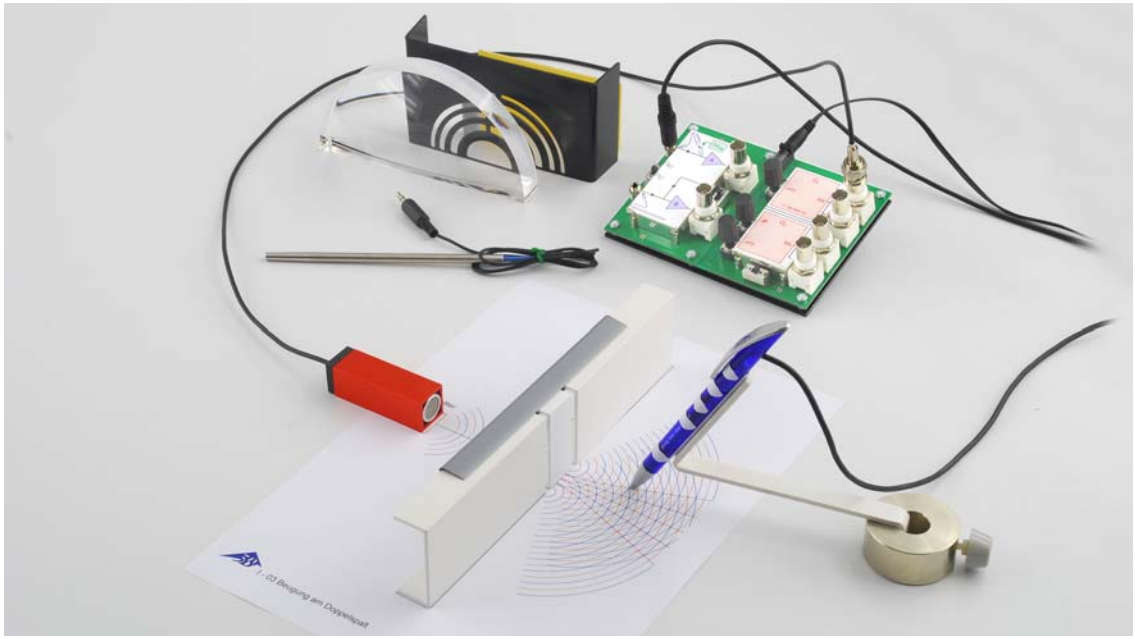
- Packaging and components should be disposed of at local recycling centres.

© Copyright 2012 3B Scientific GmbH

Onde ultrason SW (230 V, 50/60 Hz) 1012845
Onde ultrason SW (115 V, 50/60 Hz) 1012846

Instructions d'utilisation

08/12 TL



1. Description

L'onde ultrason SW est un équipement conçu pour représenter les propriétés fondamentales d'ondes, sur une table d'expérimentation peu encombrante, en s'appuyant sur l'exemple d'ondes ultrasons de 40 kHz.

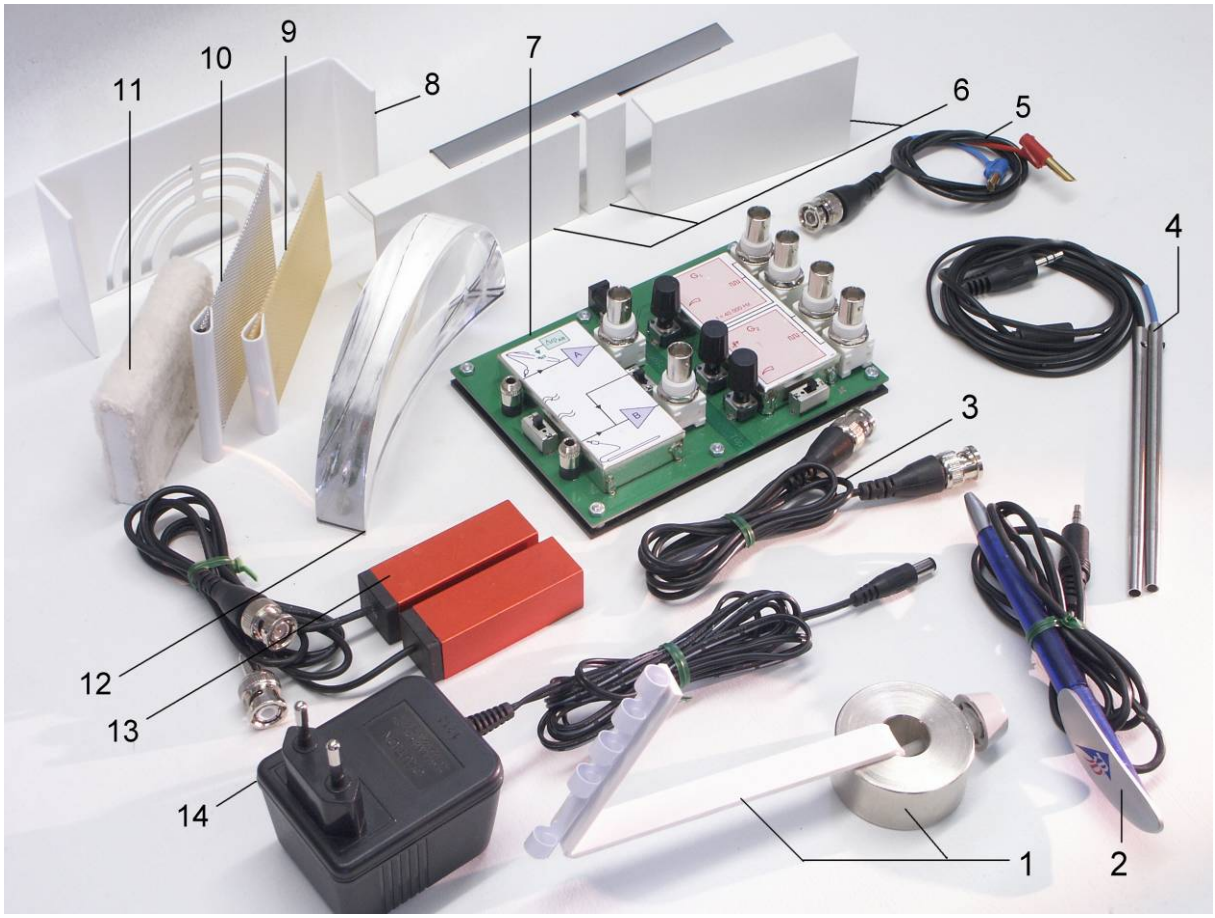
Les ondes se propagent approximativement sur la surface de la table. Les objets de diffraction, le miroir, le miroir concave, la plaque de zone de Fresnel, etc. sont donc conçus pour le demi-espace situé au-dessus de la surface de la table. Ceci permet d'effectuer un montage expérimental clair en utilisant des feuilles de travail et des masques de support.

Des sondes adaptées permettent de représenter les oscillations sur n'importe quels points de l'onde, et de mesurer les champs acoustiques après réflexion, diffraction des ondes et interférence. Une de ces sondes, le stylo ultrasonique, comporte un indicateur de phases supplémentaire sous forme de LED, dont la luminosité est réduite au minimum lorsque la différence de phase entre le point de mesure et un point de référence sélectionné, est un multiple de 360°. Ce stylo ultrasonique permet, par exemple, de tracer des fronts d'ondes sous forme de lignes de même position de phases (isophases).

Pour certaines autres expériences, il est recommandé d'utiliser également un multimètre d'une réponse en fréquence suffisante, pour mesurer les amplitudes des ultrasons. Les oscillations d'ondes peuvent être représentées au niveau de la sonde, en raccordant un oscilloscope à deux canaux.

Les équipements portant le numéro 1012845 sont conçus pour une tension de secteur de 230V (±10 %), ceux portant le numéro 1012846 pour une tension de 115 V (±10 %).

2. Contenu du colis



1 Support pour stylo ultrasonique
2 Stylo ultrasonique
3 2 câbles BNC d'1 m
4 2 sondes microphoniques
5 Câble BNC/ 4 mm
6 Un ensemble pour fente double comprenant deux miroirs/réflecteurs
7 Système électronique professionnel
8 Plaque de zone de Fresnel
9 Miroir partiellement transparent à 50%
10 Miroir partiellement transparent à 25%
11 Absorbeur d'ultrasons
12 Miroir concave
13 2 absorbeurs d'ultrasons 40 kHz
14 Bloc d'alimentation (230 V, 50/60 Hz)
ou
Bloc d'alimentation (115 V, 50/60 Hz) non représenté
Jeu de masques de support non représenté

3. Sécurité électrique

L'onde ultrason SW répond aux dispositions de sécurité relatives aux appareils électriques de mesure, de commande, de réglage et de laboratoire, selon DIN EN 61010 partie 1. Cet appareil doit être utilisé dans des endroits secs, adaptés à l'utilisation de matériel électrique.

Une utilisation conforme aux dispositions, garantit le fonctionnement sûr de l'équipement. Toutefois, la sécurité n'est pas garantie lorsque les appareils ne sont pas utilisés conformément aux dispositions ou sont traités négligemment.

4. Conformité CE

L'ensemble onde ultrason SW (le système électronique, le stylo ultrasonique et la sonde microphonique) est conforme à la directive européenne sur la compatibilité électromagnétique (CEM) (CEE 108/2004) et est donc conforme à la norme CE.

5. Composants

5.1 Système électronique d'exploitation

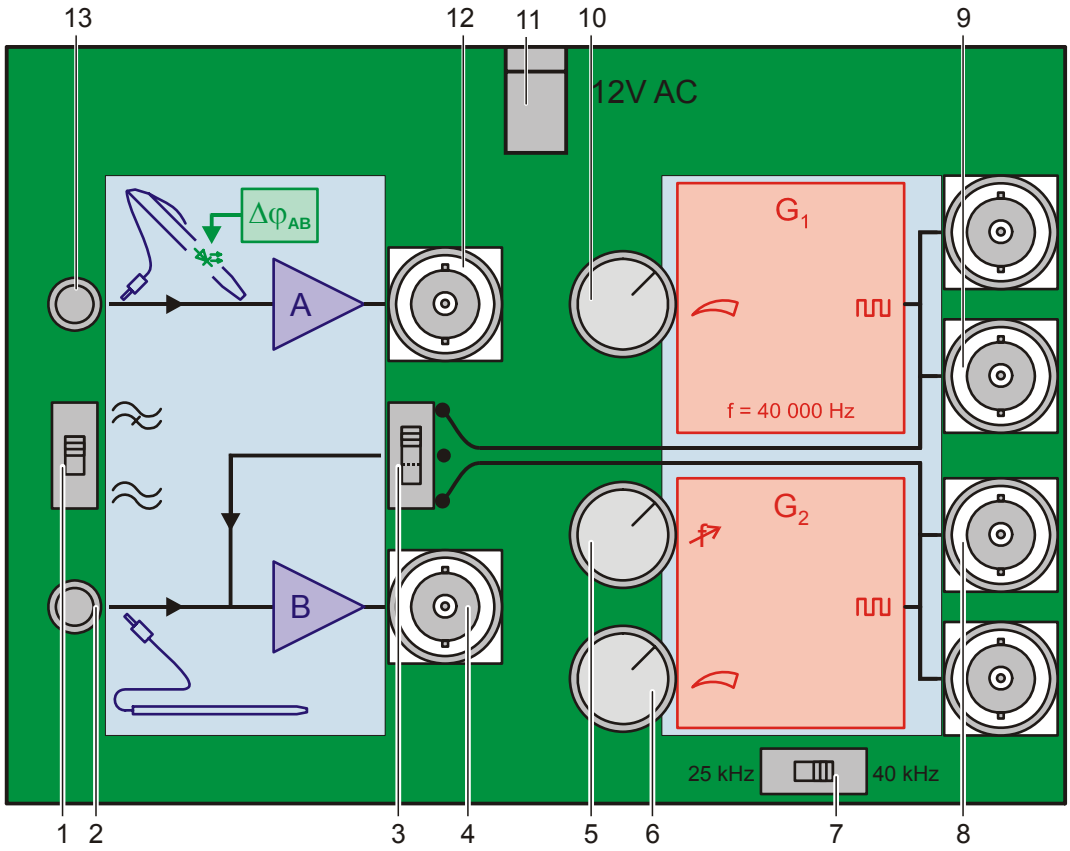


Fig. 1 Système électronique d'exploitation

1 Interrupteur S1
2 Canal d'entrée B
3 Interrupteur S2
4 Canal de sortie B
5 Régulateur de fréquence du générateur G2
6 Régulateur d'amplitude du générateur G2
7 Interrupteur S3
8 Sorties du générateur G2
9 Sorties du générateur G1
10 Régulateur d'amplitude du générateur G1
11 Douille creuse pour alimentation enfichable
12 Sortie du canal A
13 Entrée du canal A

Le système électronique sert à alimenter l'émetteur d'ultrasons, à amplifier les signaux émis par les sondes microphoniques ou par le stylo ultrasonique, et à piloter l'indicateur de phase du stylo ultrasonique.

Le système électronique est composé d'un bloc générateur en deux parties et d'un bloc amplificateur à deux canaux qui comporte une unité fonctionnelle, permettant de comparer les phases entre les deux canaux.

Les tensions alternatives pour l'émetteur d'ultrasons, sont produites dans le bloc générateur. Le générateur G1 est stabilisé à 40,000 kHz par un quartz oscillant, alors qu'une fréquence pouvant varier de 0,5 % et commutable entre 25 et 40 kHz est disponible au niveau du générateur G2. Les deux générateurs disposent d'un régulateur d'amplitude et de deux prises de sortie branchées en parallèle.

Dans le bloc amplificateur, les tensions électriques des sondes à ultrasons sont amplifiées et branchées sur les prises BNC. Il est possible d'utiliser un filtre passe-haut pour les deux canaux, afin de filtrer les sons basse fréquence.

Un groupe fonctionnel, succédant aux amplificateurs d'entrée, compare les signaux des canaux A et B et les transforme en un courant continu, proportionnel à la différence de phases. Ce courant est amené au stylo ultrasonique via la prise d'entrée du canal A. Si la différence de phases correspond à un multiple de 360°, la LED du stylo ultrasonique s'éclaire très peu.

Générateur G1 :

Fréquence :	40,000 kHz, stabilisée par quartz
Amplitude :	réglable
Sortie :	2 prises BNC, branchées en parallèle

Générateur G2 :

Plage de fréquence 1 :	env. 38 à 42 kHz
Plage de fréquence 2 :	env. 24 à 26 kHz
Plage de fréquence :	commutable
Amplitude :	réglable
Sortie :	2 prises BNC, branchées en parallèle

Amplificateur (canal A et B) :

Résistance d'entrée :	10 kΩ
Tension initiale :	8 V
Amplification :	env. 100
Résistance de sortie :	1 kΩ
Plage de fréquence :	2 kHz à 43 kHz (± 3dB) avec filtre passe-haut 2 Hz à 43 kHz (± 3dB) sans filtre passe-haut
Entrées :	Connecteur jack
Sorties :	Prise BNC

Comparaison des phases entre A et B :

Courant de commande pour stylo ultrasonique :	0 à15 mA (CC)
Couplage sur B :	Signal du générateur G1, signal du générateur G2 ou arrêté

Informations générales :

Alimentation :	12 V CA, 500 mA à partir du bloc d'alimentation
Dimensions :	env. 100x140x45 mm³
Poids :	env. 530 g avec le bloc d'alimentation

Bloc d'alimentation pour 1012845 :

Côté primaire :	230 V, 50/60 Hz
Côté secondaire :	12 V CA; 750 mA

Bloc d'alimentation pour 1012846 :

Côté primaire :	115 V, 50/60 Hz
Côté secondaire :	12 V CA; 500 mA

5.2 Émetteur d'ultrasons 40 kHz

Émetteur d'ultrasons conçu pour être posé sur la table de travail avec convertisseur d'ultrasons aligné avec l'orifice de sortie, dans un tube en aluminium. Courbe caractéristique de résonance peu marquée, pour une utilisation dans la plage de fréquence 1 du générateur G2, ou avec la fréquence fixe de 40,000 kHz

Précision : La plage de fréquence 2 du système électronique US, ne peut être émise qu'à l'aide d'un convertisseur séparé qui n'est pas inclus dans le contenu du colis SW.

Tension d'entrée :	20 V CA RMS/ 70 Vpp max.
Impédance :	> 500 Ω
Pression sonore :	110 dB pour 10 V
Largeur de bande :	> 7 kHz / -90 dB
Fréquence :	40 kHz (±1 kHz)
Connexion :	Connecteur BNC
Dimensions :	env. 20 x 20 x 60 mm³
Longueur du câble :	env. 1 m

5.3 Sonde microphonique

Mise en garde : Le convertisseur, contenu dans la sonde microphonique, est très sensible à l'humidité et aux influences mécaniques.

- Ne soumettre le convertisseur àucuns efforts mécaniques et ne pas le laisser entrer en contact avec des liquides.

Sonde microphonique conçue pour être posée sur la table de travail avec convertisseur placé à proximité de l'orifice d'entrée, dans un tube métallique fin.

Plage de fréquence :	1 Hz à 43 kHz
Sortie :	Signal pour les canaux A ou B
Connexion :	Connecteur jack 3,5 mm (pointe)
Longueur du câble :	env. 1 m
Dimensions :	env. 6 mm Ø x 150 mm
Poids :	env. 25 g

5.4 Stylo ultrasonique (avec support)

Mise en garde : Le convertisseur, contenu dans le stylo ultrasonique, est très sensible à l'humidité et aux influences mécaniques.

- Ne soumettre le convertisseur à aucuns efforts mécaniques et ne pas le laisser entrer en contact avec des liquides.

Sonde à ultrasons avec convertisseur intégré et indicateur de phases sous forme d'une LED, dont la commande de courant est générée à partir des tensions des signaux A et B dans le système électronique. La luminosité de la LED est réduite au minimum lorsque la différence de phases entre le point de mesure et un point de référence sélectionné correspond à un multiple de 360°.

Support ou guidage dans la main, ou pour éviter les réflexions gênantes, dans le support fourni.

Entrée de l'indicateur de phases (uniquement à partir du canal A) :	0 à15 mA (CC)
Plage de fréquence :	1 Hz à43 kHz
Sortie :	Signal pour les canaux A ou B
Connexion :	Connecteur jack 3,5 mm Entrée : bague Sortie : pointe
Longueur du câble :	env. 1 m
Dimensions :	env. 10 mm Ø x 150 mm
Poids :	env. 32 g sans support

5.5 Miroir concave

Miroir concave en plastique transparent conçu pour le semi-espace situé au-dessus de la surface de la table.

Distance focale :	100 mm
Rayon de courbure :	200 mm
Dimensions :	env. 140 x 20 x 70 mm²

5.6 Plaque de zone de Fresnel

Plaque de zone de Fresnel en plastique, conçue pour le semi-espace au-dessus de la surface de la table.

Distance focale :	35 mm
Dimensions :	env. 140 x 20 x 50 mm²

5.7 Absorbeur d'ultrasons

Composants permettant de démontrer l'insonorisation ou de supprimer un son direct entre l'émetteur et la sonde microphonique, dans certaines expériences.

Surface :	Frise textile
Dimensions :	env. 80 x 15 x 50 mm²

5.8 Ensemble pour fente double

Jeu d'appareils pour le montage d'une fente double ou simple ou à utiliser comme réflecteurs ou miroirs.

Surface :	plastifiée
Dimensions :	env. 100 x 20 x 50 mm³ ou env. 20 x 20 x 50 mm³

5.9 Miroir partiellement transparent (50%) et miroir partiellement transparent (25%)

Miroir en partie transparent et en partie réfléchissant, en plastique perforé (50%) ou en métal déployé aluminium (25%).

Dimensions :	env. 100 x 20 x 60 mm³

5.10 Câble BNC

Pour raccorder les sorties de l'amplificateur à un oscilloscope.

Longueur du câble :	env. 1 m

5.11 Câble BNC/ 4 mm

Pour raccorder les sorties de l'amplificateur à un voltmètre analogique.

Longueur du câble :	env. 1 m

5.12 Jeu de feuilles de travail

Feuilles de travail pour les expériences :

- Diffraction par une arête
- Propagation des ondes derrière une fente
- Diffraction au niveau de la double fente
- Interférence constructive et destructive lors de la diffraction au niveau de la double fente
- Miroir de Lloyd
- Montage d'un interféromètre simple
- Montage d'un interféromètre de Michelson

6. Utilisation

6.1 Expériences sur les ultrasons avec une fréquence de 40,000 kHz

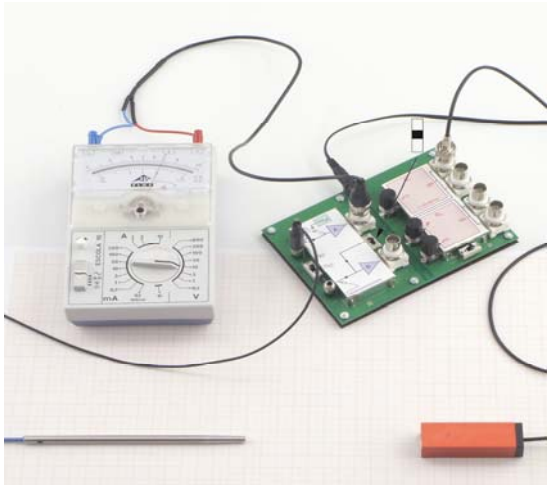


Fig. 2 Mesure de l'amplitude des ultrasons à l'aide d'un multimètre

Éléments nécessaires :

1 système électronique d'exploitation avec bloc d'alimentation

1 émetteur d'ultrasons 40 kHz

1 sonde microphonique
ou
1 stylo ultrasonique

1 câble BNC
ou
1 câble BNC/4 mm

Accessoires :

1 oscilloscope USB 2x40 MHz	1012845
ou	
1 oscilloscope analogique 2x20 MHz	1008695
ou	
1 multimètre ESCOLA 10	1006810

- Pour alimenter l'appareil d'exploitation, brancher le bloc d'alimentation fourni.
- Mettre le filtre passe-haut en marche à l'aide de l'interrupteur S1 (≈) et régler l'interrupteur S2 sur ▮.
- Raccorder l'émetteur d'ultrasons 40 kHz à la sortie du générateur G1.
- Placer la sonde microphonique face à l'émetteur, et la raccorder à l'entrée du canal A ou B du système électronique d'exploitation.
  Précision : La sonde microphonique peut être remplacée par le stylo ultrasonique, raccordé au canal A ou B. Sa pointe sera orientée vers la source sonore.
- Raccorder la sortie du canal à l'oscilloscope (plages de mesure 1 V/DIV, 2 µs/DIV) ou au multimètre (plage de mesure : CA, 10 V).
- Observer les amplitudes des oscillations avec l'oscilloscope ou le mouvement du multimètre, et modifier l'amplitude des ultrasons de l'"émetteur à l'aide du régulateur d'amplitudes.

  Précision : Le mouvement de l'aiguille du multimètre réagit proportionnellement à l'amplitude configurée. En cas d'amplitudes plus élevées, l'amplificateur est surmodulé et la tension de sortie rectangulaire, car le niveau de tension à la sortie A ne varie plus qu'entre la tension de service négative et positive du système électronique d'exploitation. L'oscilloscope affiche alors une courbe trapézoïdale ou rectangulaire.

6.2 Expériences sur les ultrasons avec une fréquence variable

Éléments nécessaires :

1 système électronique d'exploitation avec bloc d'alimentation

1 émetteur d'ultrasons 40 kHz

1 sonde microphonique
ou
1 stylo ultrasonique

1 Câble BNC

Accessoires :

1 oscilloscope USB 2x40 MHz	1012845
ou	
1 oscilloscope analogique 2x20 MHz	1008695

- Pour alimenter l'appareil d'exploitation, brancher le bloc d'alimentation fourni.
- Mettre le filtre passe-haut en marche à l'aide de l'interrupteur S1 (≈) et régler l'interrupteur S2 sur ▮.
- Raccorder l'émetteur d'ultrasons 40 kHz à la sortie du générateur G2.
- Placer la sonde microphonique face à l'émetteur, et la raccorder à l'entrée du canal A ou B du système électronique d'exploitation.
  Précision : La sonde microphonique peut être remplacée par le stylo ultrasonique, raccordé au canal A ou B. Sa pointe sera orientée vers la source sonore.
- Raccorder la sortie du canal à l'oscilloscope (plages de mesure 1 V/DIV, 2 µs/DIV).
- Observer les amplitudes des oscillations avec l'oscilloscope et modifier l'amplitude des ultrasons de l'émetteur avec le régulateur d'amplitudes.
- Observer la durée des oscillations avec l'oscilloscope et modifier la fréquence de l'émetteur avec le régulateur de fréquences.

6.3 Analyse des différences de phases à l'aide de l'indicateur de phases du stylo ultrasonique

Éléments nécessaires :

1 système électronique d'exploitation avec bloc d'alimentation

1 émetteur d'ultrasons 40 kHz

1 Stylo ultrasonique

2 Câbles BNC

Accessoires :

1 oscilloscope USB 2x40 MHz 1012845
ou
1 oscilloscope analogique 2x20 MHz 1008695

- Pour alimenter l'appareil d'exploitation, brancher le bloc d'alimentation fourni.
- Raccorder l'émetteur d'ultrasons au générateur G1 ou au générateur G2.
- Raccorder le stylo ultrasonique au canal A.
- Mettre le filtre passe-haut en marche avec l'interrupteur S1 (≈) et régler l'interrupteur S2, pour le couplage du générateur G1, sur ⎓ ou pour le couplage du générateur G2 sur ⎓.
- Raccorder les sorties des canaux à l'oscilloscope.
- Déplacer le stylo ultrasonique de sorte que la luminosité de la LED, en tant qu'indicateur de phases, soit réduite au minimum, et comparer les rapports de phases entre les deux signaux.
- Déplacer le stylo ultrasonique de sorte que la luminosité de la LED, en tant qu'indicateur de phases, soit maximale, et comparer les rapports de phases entre les deux signaux.
  Précision : L'indicateur de phase affiche la différence de phases entre le signal du générateur et le signal du récepteur du stylo ultrasonique.
  Le rapport de phases entre deux points quelconques de l'onde à ultrasons, est analysé lorsqu'une sonde microphonique est raccordée au canal A, et l'interrupteur S2 est réglé sur ⎓.

6.4 Tracé d'isophases ou détermination de la longueur d'ondes à l'aide du stylo ultrasonique

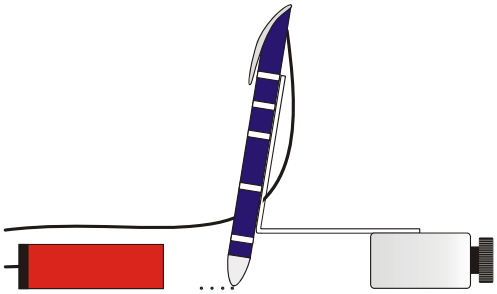


Fig. 3 Le stylo ultrasonique est posé sur la plaque de travail et orienté vers la source sonore.

Éléments nécessaires :

1 système électronique d'exploitation avec bloc d'alimentation

1 émetteur d'ultrasons 40 kHz

1 Stylo ultrasonique

1 Support pour stylo ultrasonique

- Utiliser une feuille de papier comme surface de contact.
- Pour alimenter l'appareil d'exploitation, brancher le bloc d'alimentation fourni.
- Raccorder, par exemple, l'émetteur d'ultrasons, au générateur G1.
- Raccorder le stylo ultrasonique au canal A et le monter dans le support de sorte que la pointe soit à env. 1 mm de distance de la surface de contact, et l'orienter, avec le support, vers l'émetteur.
- Mettre le filtre passe-haut en marche à l'aide de l'interrupteur S1 (≈) et régler l'interrupteur S2, pour le couplage du générateur G1, sur ⎓.
- Déplacer le stylo ultrasonique de sorte que la luminosité de l'indicateur de phases soit minimale.
- Avec un stylo à pointe fine, marquer la position de la pointe du stylo ultrasonique sur le papier.

Pour le tracé des isophases :

- Déplacer le stylo ultrasonique en diagonal par rapport au sens de rayonnement, de sorte que la luminosité de l'indicateur de phases soit minimale. Vérifier l'orientation par rapport à l'émetteur.
- Avec un stylo à pointe fine, marquer la position de la pointe du stylo ultrasonique sur le papier.

Pour déterminer la longueur des ondes :

- Déplacer le stylo ultrasonique dans le sens du rayonnement, jusqu'à ce que l'indicateur de phases s'éclaire légèrement.
- Avec un stylo à pointe fine, marquer la position de la pointe du stylo ultrasonique sur le papier.

7. Expériences

7.1 Miroir de Lloyd

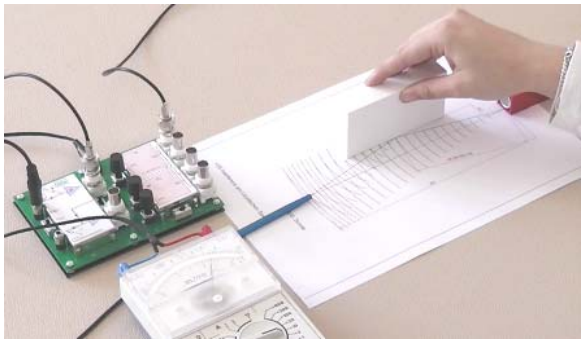


Fig. 4 Réflexion sur le miroir de Lloyd

Éléments nécessaires :

1 système électronique d'exploitation avec bloc d'alimentation

1 émetteur d'ultrasons 40 kHz

1 sonde microphonique

1 réflecteur

1 Câble BNC/ 4 mm

Accessoires :

1 multimètre ESCOLA 10 1006810

- Pour alimenter l'appareil d'exploitation, brancher le bloc d'alimentation fourni.
- Raccorder l'émetteur d'ultrasons, au générateur G1.
- Raccorder la sonde microphonique au canal A et la placer à une certaine distance, face à l'émetteur.
- Raccorder la sortie du canal au multimètre (plage de mesure : CA, 10 V).
- Mettre le filtre passe-haut en marche à l'aide de l'interrupteur S1 (≈) et régler l'interrupteur S2 sur ▮.
- Placer le réflecteur de façon à ce qu'il soit parallèle au rayon direct.
- Modifier la distance entre le réflecteur et le rayon direct, en tenant compte des valeurs maximales et minimales de l'amplitude sonore mesurées.

Précision : Si la distance entre la surface tendue par l'émetteur et le récepteur, et les surfaces réfléchissantes, telles que la plaque de travail, prennent certaines valeurs, le rayon direct et le rayon qui se reflète sur la surface, peuvent se superposer de façon destructive. Le miroir de Lloyd permet de déterminer la distance minimale nécessaire à cet effet. Cet effet n'apparaît plus lorsque cette distance n'est pas atteinte en disposant l'émetteur et le récepteur directement sur la plaque de travail.

7.2 Réfléchissement dans un miroir concave

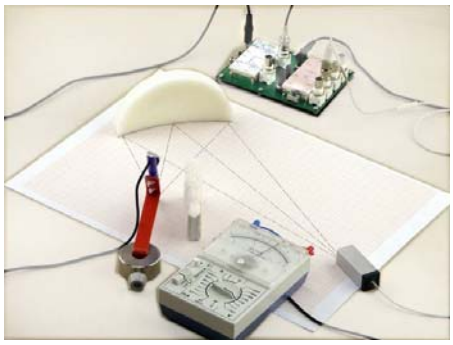


Fig. 5 Réfléchissement d'un faisceau acoustique divergent dans un miroir concave.

Éléments nécessaires :

1 système électronique d'exploitation avec bloc d'alimentation

1 émetteur d'ultrasons 40 kHz

1 stylo ultrasonique avec support

ou

1 sonde microphonique

1 miroir concave

1 absorbeur

1 Câble BNC/ 4 mm

Accessoires :

1 multimètre ESCOLA 10 1006810

- Pour alimenter l'appareil d'exploitation, brancher le bloc d'alimentation fourni.
- Raccorder l'émetteur d'ultrasons, au générateur G1.
- Raccorder le stylo ultrasonique ou la sonde microphonique au canal A et la placer à une certaine distance, face à l'émetteur.
- Raccorder la sortie du canal au multimètre (plage de mesure : CA, 10 V).
- Mettre le filtre passe-haut en marche à l'aide de l'interrupteur S1 (≈) et régler l'interrupteur S2 sur ▮.
- Poser le miroir concave et orienter l'émetteur sur le miroir.
- Placer le réflecteur de façon à ce qu'il soit parallèle au rayon direct.
- Déterminer la position optimale du récepteur par le biais d'une construction géométrique et y installer le stylo ultrasonique.
- Déplacer le stylo ultrasonique de façon à obtenir le signal maximal du récepteur.

Précision : La disposition de l'émetteur et du récepteur par rapport au miroir concave, est comparable à une installation de réception satellite.

7.3 Diffraction par une arête

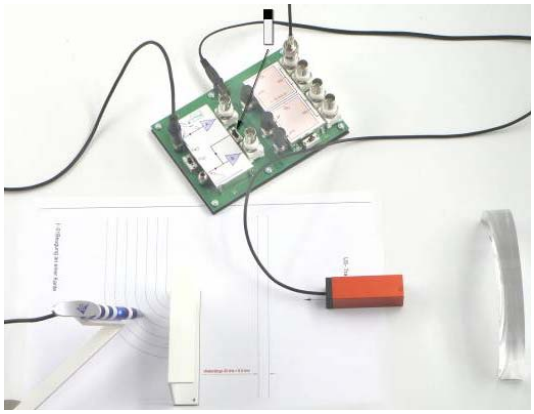


Fig. 6 Tracé des isophases lors de la diffraction d'ondes planes par une arête

Éléments nécessaires :

1 système électronique d'exploitation avec bloc d'alimentation

1 émetteur d'ultrasons 40 kHz

1 stylo ultrasonique avec support

1 miroir concave

1 réflecteur

- Pour alimenter l'appareil d'exploitation, brancher le bloc d'alimentation fourni.
- Poser le miroir concave et marquer le point focal (distance focale de 100 mm).
- Raccorder l'émetteur d'ultrasons au générateur G1 et l'orienter vers le miroir concave, au niveau du point focal du miroir.
- Mettre le filtre passe-haut en marche à l'aide de l'interrupteur S1 (≈) et régler l'interrupteur S2, pour le couplage du générateur G1, sur ▯.
- Raccorder le stylo ultrasonique au canal A et le monter dans le support de sorte que la pointe soit à env. 1 mm de distance de la surface de contact.
- Placer le stylo ultrasonique derrière l'émetteur et l'orienter vers le miroir concave.
- Déplacer le stylo ultrasonique de sorte que l'indicateur de phases s'éteigne, puis marquer la position du stylo ultrasonique sur le support.
- Pour tracer les fronts d'ondes après réfléchissement dans le miroir concave, déplacer le stylo ultrasonique en diagonal, par rapport à l'axe du faisceau, et marquer les points de luminosité minimale de l'indicateur de phases.
- Déplacer le stylo ultrasonique en direction du rayonnement et tracer l'isophase suivante.
- Utiliser le réflecteur comme arête de diffraction et déterminer les isophases modifiées par la diffraction.

Précision : Les isophases (points de luminosité minimale) correspondent à une "fermeture rapide" des fronts d'ondes. La distance entre deux isophases est égale à une longueur d'onde.

7.4 Diffraction à double fente.

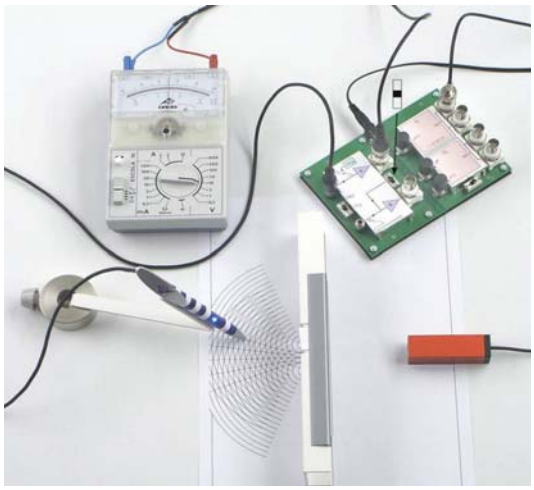


Fig. 7 Diffraction à double fente.

Précision : De nouveaux fronts d'ondes circulaires apparaissent dans les deux fentes, fronts d'ondes qui, sur la feuille de travail, étaient dessinés à une distance égale à une demi-longueur d'onde. Leurs intersections forment des lignes (hyperboles) d'interférence destructive et constructive.

Éléments nécessaires :

1 système électronique d'exploitation avec bloc d'alimentation

1 émetteur d'ultrasons 40 kHz

1 stylo ultrasonique avec support

1 ensemble pour fente double

1 absorbeur

1 Câble BNC/ 4 mm

Accessoires :

1 multimètre ESCOLA 10 1006810

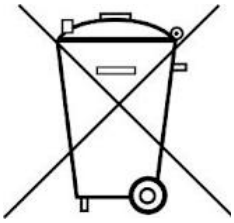
- Pour alimenter l'appareil d'exploitation, brancher le bloc d'alimentation fourni.
- Utiliser une feuille de travail.
- Construire une double fente et veiller à ce que les largeurs des fentes soient équivalentes (env. 5 mm).
- Raccorder l'émetteur d'ultrasons 40 kHz au générateur G1 et l'orienter vers le centre de la double fente.
- Mettre le filtre passe-haut en marche à l'aide de l'interrupteur S1 (≈) et régler l'interrupteur S2, pour le couplage du générateur G1, sur ▯.

- Raccorder le stylo ultrasonique au canal A et le monter dans le support de sorte que la pointe soit à env. 1 mm de distance de la surface de contact.
- Poser le stylo ultrasonique et son support derrière la double fente, sur un front d'onde tracé.
- Déplacer l'émetteur d'ultrasons en direction du rayonnement, jusqu'à ce que l'indicateur de phases s'éteigne.
- En déplaçant le stylo ultrasonique, suivre les fronts d'ondes qui se dessinent sur la feuille de travail.
- Placer le stylo ultrasonique sur un point d'une hyperbole bleue, bien orienté vers le centre de la double fente, et identifier les valeurs minimales indiquées par l'aiguille du multimètre, comme des valeurs minimales de diffraction.
- Déplacer le stylo ultrasonique parallèlement à la double fente et lire les valeurs maximales et minimales de diffraction.
- Placer le stylo ultrasonique sur un point d'une hyperbole bleue, bien orienté vers le centre de la double fente, et identifier les valeurs minimales indiquées par l'aiguille du multimètre, comme des valeurs minimales de diffraction.

Précision : Si le stylo ultrasonique se trouve dans la position d'une première valeur minimale, il est possible d'augmenter considérablement l'intensité au niveau du point de mesure, en recouvrant la première ou la seconde fente. A l'aide de l'oscilloscope, on peut démontrer que les courbes de mesure de la première et de la deuxième fente, ont été déplacées de 180° pour une même amplitude.

8. Traitement des déchets

Ne pas jeter l'appareil dans les ordures ménagères !



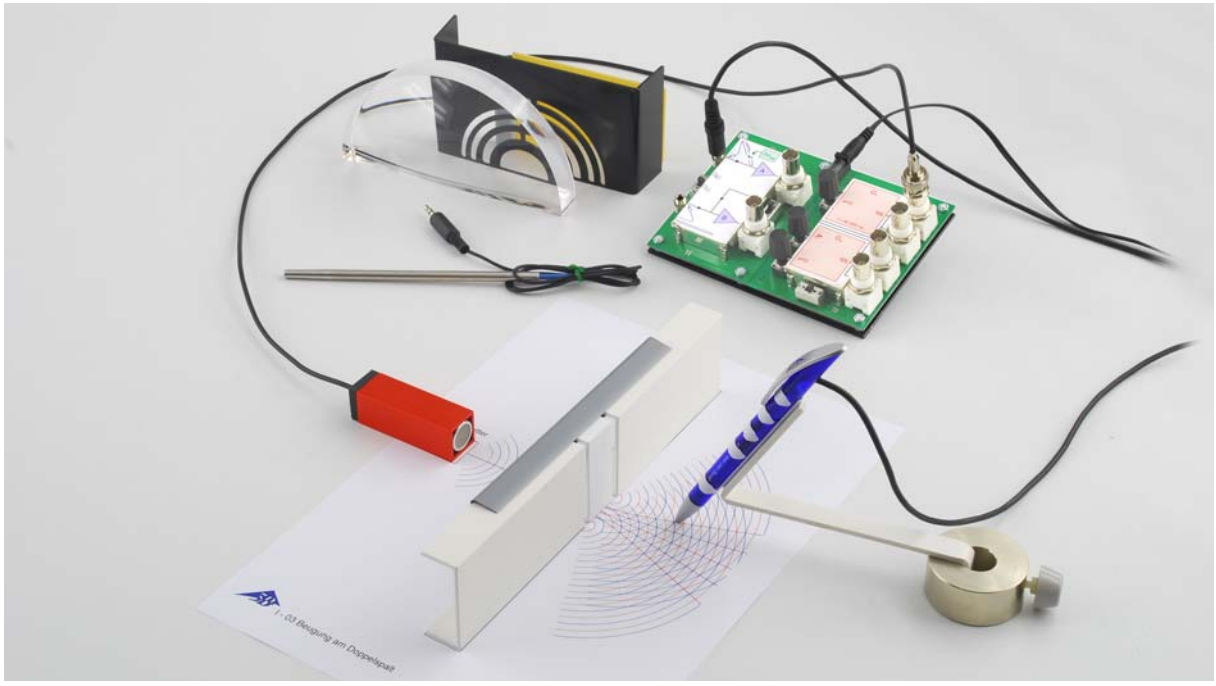
- Déposer l'emballage et les composants dans les centres de recyclage locaux.

Copyright 2012 3B Scientific GmbH

Pacchetto SW ultrasuoni (230 V, 50/60 Hz) 1012845
Pacchetto SW ultrasuoni (115 V, 50/60 Hz) 1012846

Istruzioni per l'uso

08/12 TL



1. Descrizione

Il pacchetto SW ultrasuoni è concepito per rappresentare le proprietà fondamentali delle onde in un esperimento da tavolo ad ingombro ridotto sull'esempio di onde ultrasonore da 40 kHz.

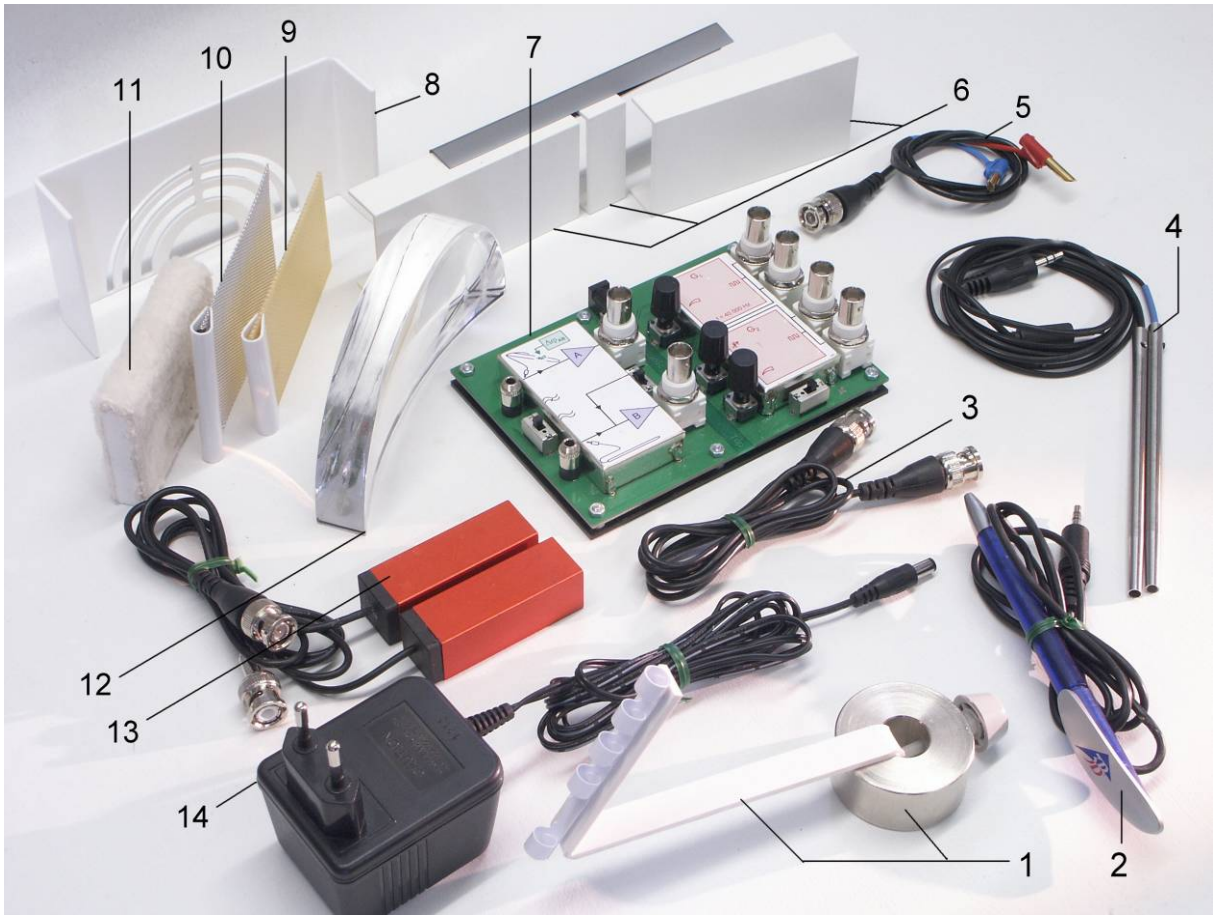
La propagazione del suono avviene in buona approssimazione sul piano del tavolo. Oggetti di diffrazione, specchi, specchi concavi, lamine a zona di Fresnel, ecc. sono pertanto progettati per il semispazio sopra il piano del tavolo. Ciò contribuisce a semplificare la struttura sperimentale con l'impiego di modelli di lavoro e maschere di supporto.

Idonee sonde consentono di registrare le oscillazioni in qualsiasi punto dell'onda e misurare i campi sonori in relazione a riflessione, diffrazione delle onde e interferenza. Una di tali sonde, la penna a ultrasuoni, contiene inoltre un indicatore di fase sotto forma di LED, la cui luminosità si riduce al minimo se la differenza di fase fra il punto di misurazione e il punto di riferimento selezionato risulta essere un multiplo di 360°. Grazie alla penna a ultrasuoni, è pertanto possibile registrare ad esempio fronti d'onda come linee di uguale fase (isofasi).

Per ulteriori esperimenti si consiglia l'uso supplementare di un misuratore multiplo con sufficiente risposta in frequenza per la misurazione di ampiezze ultrasuoni. Il collegamento di un oscilloscopio a due canali permette di rappresentare le oscillazioni ultrasoniche presso il punto della sonda.

Il kit di dotazione 1012845 è progettato per una tensione di rete di 230 V (±10 %), il 1012846 per 115 V (±10 %).

2. Fornitura



1 Supporto per penna a ultrasuoni
2 Penna a ultrasuoni
3 Cavo BNC, 1 m (2 pz.)
4 Sonde microfono (2 pz.)
5 Cavo BNC/ 4 mm
6 Set per doppia fenditura
incl. due specchi/riflettori
7 Elettronica di funzionamento
8 Lamina a zona di Fresnel
9 Specchio parzialmente trasparente 50%
10 Specchio parzialmente trasparente 25%
11 Assorbitore per ultrasuoni
12 Specchio concavo
13 Trasmettitore di ultrasuoni da 40 kHz (2 pz.)
14 Alimentatore a spina (230 V, 50/60 Hz)
o
alimentatore a spina (115 V, 50/60 Hz) non raffigurato
Set di maschere di supporto non raffigurato

3. Sicurezza elettrica

Il pacchetto SW ultrasuoni risponde alle disposizioni di sicurezza per apparecchi elettrici di misura, di comando, di regolazione e da laboratorio della norma DIN EN 61010 Parte 1 ed è pensato per l'utilizzo in ambienti asciutti, adatti per strumenti elettrici.

Un utilizzo conforme garantisce il funzionamento sicuro della dotazione. La sicurezza non è tuttavia garantita se gli apparecchi non vengono utilizzati in modo appropriato o trattati con cura.

4. Conformità CE

Il pacchetto SW ultrasuoni (elettronica di funzionamento, penna a ultrasuoni e sonda microfono) soddisfa la Direttiva europea sulla compatibilità elettromagnetica (108/2004/CE) ed è pertanto conforme CE.

5. Componenti

5.1 Elettronica di funzionamento

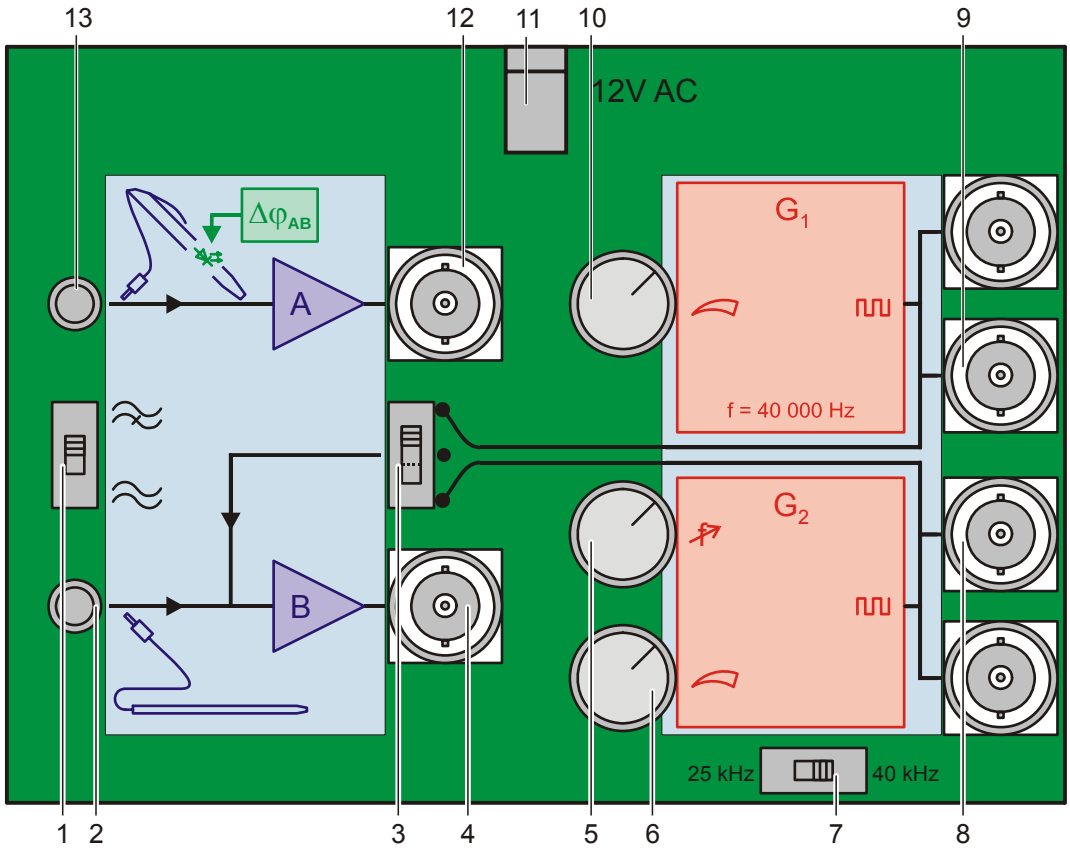


Fig. 1 Elettronica di funzionamento

1 Interruttore S1
2 Ingresso canale B
3 Interruttore S2
4 Uscita canale B
5 Regolatore di frequenza del generatore G2
6 Regolatore di ampiezza del generatore G2
7 Interruttore S3
8 Uscite del generatore G2
9 Uscite del generatore G1
10 Regolatore di ampiezza del generatore G1
11 Presa per alimentatore a spina
12 Uscita canale A
13 Ingresso canale A

L'elettronica di funzionamento serve ad alimentare il trasmettitore di ultrasuoni, ad amplificare i segnali captati dalle sonde microfono e dalla penna a ultrasuoni, così come alla gestione dell'indicatore di fase nella penna a ultrasuoni.

L'elettronica di funzionamento si compone di un blocco generatore in due parti e di un blocco amplificatore a due canali, che a sua volta comprende un'unità di funzione per la comparazione di fase fra i due canali stessi.

All'interno del blocco generatore vengono prodotte le tensioni alternate per il trasmettitore di ultrasuoni. Il generatore G1 è stabilizzato mediante un risonatore a quarzo a 40,000 kHz, mentre sul generatore G2 è disponibile una frequenza commutabile fra 25 e 40 kHz e ulteriormente variabile all'incirca del ± 0,5 %. Entrambi i generatori sono provvisti di un regolatore di ampiezza e due prese di uscita collegate in parallelo.

Il blocco amplificatore provvede ad amplificare le tensioni elettriche presenti sulle sonde ultrasoniche e trasferirle sui jack BNC. Per entrambi i canali è possibile collegare un filtro passa alto per estrapolare componenti a bassa frequenza.

Agli amplificatori d'ingresso corrisponde un gruppo di funzione che compara i segnali dei canali A e B, trasformandoli in una corrente continua proporzionale alle differenza di fase. Tale corrente attraversa i jack di ingresso del canale A e giunge alla penna a ultrasuoni. Se la differenza di fase è pari a un multiplo di 360°, il LED presente sulla penna a ultrasuoni si illumina al minimo.

Generatore G1:

Frequenza:	40,000 kHz, stabilizzato al quarzo
Ampiezza:	regolabile
Uscita:	2 jack BNC, collegati in parallelo

Generatore G2:

Range di frequenza 1:	da 38 a 42 kHz circa
Range di frequenza 2:	da 24 a 26 kHz circa
Range di frequenza:	reversibile
Ampiezza:	regolabile
Uscita:	2 jack BNC, collegati in parallelo

Amplificatore (canale A e B):

Resistenza d'ingresso:	10 kΩ
Tensione di polarizzazione:	8 V
Amplificazione:	ca. 100
Resistenza in uscita:	1 kΩ
Range di frequenza:	da 2 kHz a 43 kHz (± 3dB) con filtro passa alto da 2 Hz a 43 kHz (± 3dB) senza filtro passa alto
Ingressi:	jack
Uscite:	presa BNC

Comparazione di fase fra A e B:

Corrente di comando per penna a ultrasuoni:	da 0 a 15 mA (CC)
Accoppiamento su B:	segnale generatore G1, segnale generatore G2 o spento

Dati generali:

Alimentazione:	12 V CA, 500 mA da alimentatore a spina
Dimensioni:	ca. 100x140x45 mm³
Peso:	ca. 530 g incl. alimentatore a spina

Alimentatore a spina per 1012845:

Lato primario:	230 V, 50/60 Hz
Lato secondario:	12 V CA, 750 mA

Alimentatore a spina per 1012846:

Lato primario:	115 V, 50/60 Hz
Lato secondario:	12 V CA, 500 mA

5.2 Trasmettitore di ultrasuoni da 40 kHz

Trasmettitore di ultrasuoni progettato per appoggio su tavolo di lavoro, con trasduttore a ultrasuoni in tubo in alluminio quadrato a livello dell'apertura di uscita. Caratteristica di risonanza poco accentuata per il funzionamento nel range di frequenza 1 del generatore G2 o alla frequenza fissa di 40,000 kHz.

Nota: Il range di frequenza 2 dell'elettronica di funzionamento può essere irradiato solo con un trasduttore separato non compreso nella dotazione del pacchetto SW.

Tensione d'ingresso:	20 V CA RMS/ 70 Vpp max.
Impedenza:	> 500 Ω
Pressione acustica:	110 dB a 10 V
Larghezza di banda:	> 7 kHz / -90 dB
Frequenza:	40 kHz (±1 kHz)
Collegamento:	connettore BNC
Dimensioni:	ca. 20 x 20 x 60 mm³
Lunghezza del cavo:	ca. 1 m

5.3 Sonda microfono

Avvertenza: Il trasduttore nella sonda microfono è sensibile all'umidità e all'azione meccanica.

- Non esporre il trasduttore a sollecitazioni meccaniche e al contatto con liquidi.

Sonda microfono progettata per appoggio su tavolo di lavoro, con trasduttore in sottile tubo metallico collocato direttamente presso l'apertura di entrata.

Range di frequenza:	da 1 Hz a 43 kHz
Uscita:	segnale per canali A o B
Collegamento:	jack da 3,5 mm (punta)
Lunghezza del cavo:	ca. 1 m
Dimensioni:	ca. 6 mm Ø x 150 mm
Peso:	ca. 25 g

5.4 Penna a ultrasuoni (incl. supporto)

Avvertenza: Il trasduttore nella penna a ultrasuoni è sensibile all'umidità e all'azione meccanica.

- Non esporre il trasduttore a sollecitazioni meccaniche e al contatto con liquidi.

Sonda ultrasonica con trasduttore incorporato e indicatore di fase supplementare sotto forma di LED, con attivazione di corrente generata dalla tensione di segnale A e B nell'elettronica di funzionamento. La luminosità del LED si riduce al minimo se la differenza di fase fra il punto di misurazione e il punto di riferimento selezionato risulta essere un multiplo di 360°.

Sostegno e gestione nella mano oppure nel supporto fornito in dotazione per evitare il rischio di fastidiose riflessioni.

Ingresso indicatore di fase (solo da canale A):	da 0 a 15 mA (CC)
Range di frequenza:	da 1 Hz a 43 kHz
Uscita:	segnale per canali A o B
Collegamento:	jack da 3,5 mm ingresso: Anello uscita: Punta
Lunghezza del cavo:	ca. 1 m
Dimensioni:	ca. 10 mm Ø x 150 mm
Peso:	ca. 32 g senza supporto

5.5 Specchio concavo

Specchio concavo in plastica trasparente progettato per il semispazio sopra il piano del tavolo.

Distanza focale:	100 mm
Raggio di curvatura:	200 mm
Dimensioni:	ca. 140 x 20 x 70 mm³

5.6 Lamina a zona di Fresnel

Lamina a zona di Fresnel in plastica progettata per il semispazio sopra il piano del tavolo.

Distanza focale:	35 mm
Dimensioni:	ca. 140 x 20 x 50 mm³

5.7 Assorbitore per ultrasuoni

Componente per la dimostrazione dell'isolamento acustico o per la soppressione del suono diretto fra trasmettitore e sonda microfono in alcuni esperimenti.

Superficie:	Tessuto felpato
Dimensioni:	ca. 80 x 15 x 50 mm³

5.8 Set per doppia fenditura

Kit completo per la realizzazione di una fenditura doppia o singola o per l'impiego come singoli riflettori o specchi.

Superficie:	Con rivestimento in plastica
Dimensioni:	ca. 100 x 20 x 50 mm³ e ca. 20 x 20 x 50 mm³

5.9 Specchio parzialmente trasparente (50%) e specchio parzialmente trasparente (25%)

Specchi parzialmente trasparenti e parzialmente riflettenti, realizzati in plastica perforata (50%) e in alluminio stirato (25%).

Dimensioni:	ca. 100 x 20 x 60 mm³

5.10 Cavo BNC

Per il collegamento delle uscite amplificatore a un oscilloscopio.

Lunghezza del cavo:	ca. 1 m

5.11 Cavo BNC/ 4 mm

Per il collegamento delle uscite amplificatore a un voltmetro analogico.

Lunghezza del cavo:	ca. 1 m

5.12 Set modelli di lavoro

Modelli di lavoro per gli esperimenti:

- Diffrazione sullo spigolo di un corpo
- Diffusione delle onde dietro una fenditura
- Diffrazione su una doppia fenditura
- Interferenza costruttiva e distruttiva in caso di diffrazione su doppia fenditura
- Specchio di Lloyd
- Realizzazione di un semplice interferometro
- Realizzazione di un semplice interferometro di Michelson

6. Utilizzo

6.1 Esperimenti a ultrasuoni a 40,000 kHz

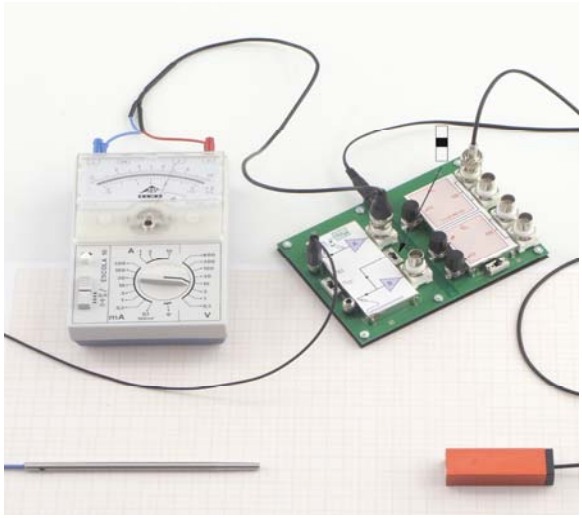


Fig. 2 Misurazione di ampiezze ultrasuoni con misuratore multiplo

Occorrente:

1 elettronica di funzionamento incl. alimentatore a spina

1 trasmettitore di ultrasuoni da 40 kHz

1 sonda microfono
o
1 penna a ultrasuoni

1 cavo BNC
o
1 cavo BNC/4 mm

Dotazione supplementare necessaria:

1 oscilloscopio USB 2x40 MHz	1012845
oppure	
1 oscilloscopio analogico 2x20 MHz	1008695
oppure	
1 misuratore multiplo ESCOLA 10	1006810

- Per l'alimentazione dell'apparecchio collegare l'alimentatore a spina fornito in dotazione.
- Con l'interruttore S1 attivare il filtro passa alto (≈) e impostare l'interruttore S2 su ▮.
- Collegare il trasmettitore di ultrasuoni da 40 kHz all'uscita del generatore G1.
- Disporre la sonda microfono di fronte al trasmettitore e collegare all'ingresso del canale A o B dell'elettronica di funzionamento.
  Nota: anziché la sonda microfono, si può utilizzare anche la penna a ultrasuoni collegandola al canale A o B. La punta deve essere orientata verso la sorgente sonora.
- Collegare l'uscita del canale all'oscilloscopio (range di misura 1 V/DIV, 2 µs/DIV) o al misuratore multiplo (range di misura: CA, 10 V).
- Osservare le ampiezze di oscillazione con l'oscilloscopio o la deviazione con il misuratore multiplo, variando l'ampiezza dell'emissione di ultrasuoni del trasmettitore mediante il regolatore di ampiezza.

  Nota: la deviazione dell'indicatore del misuratore multiplo reagisce dapprima in maniera proporzionale rispetto all'ampiezza impostata. In caso di ampiezze maggiori, l'amplificatore è sovramodulato e la tensione di uscita assume un andamento rettangolare, poiché il livello di tensione presso l'uscita A commuta solo fra la tensione di esercizio positiva e negativa dell'elettronica di funzionamento. L'oscilloscopio mostra quindi un andamento della curva trapezoidale o rettangolare.

6.2 Esperimenti a ultrasuoni con frequenza variabile

Occorrente:

1 elettronica di funzionamento incl. alimentatore a spina

1 trasmettitore di ultrasuoni da 40 kHz

1 sonda microfono
o
1 penna a ultrasuoni

1 cavo BNC

Dotazione supplementare necessaria:

1 oscilloscopio USB 2x40 MHz	1012845
oppure	
1 oscilloscopio analogico 2x20 MHz	1008695

- Per l'alimentazione dell'apparecchio collegare l'alimentatore a spina fornito in dotazione.
- Con l'interruttore S1 attivare il filtro passa alto (≈) e impostare l'interruttore S2 su ▮.
- Collegare il trasmettitore di ultrasuoni da 40 kHz all'uscita del generatore G2.
- Disporre la sonda microfono di fronte al trasmettitore e collegare all'ingresso del canale A o B dell'elettronica di funzionamento.
  Nota: anziché la sonda microfono, si può utilizzare anche la penna a ultrasuoni collegandola al canale A o B. La punta deve essere orientata verso la sorgente sonora.
- Collegare l'uscita del canale all'oscilloscopio (range di misura 1 V/DIV, 2 µs/DIV).
- Osservare le ampiezze di oscillazione con l'oscilloscopio e variare l'ampiezza dell'emissione di ultrasuoni del trasmettitore mediante il regolatore di ampiezza.
- Osservare il periodo di oscillazione con l'oscilloscopio e variare la frequenza del trasmettitore mediante il regolatore di frequenza.

6.3 Analisi della differenza di fase mediante l'indicatore di fase della penna a ultrasuoni

Occorrente:

1 elettronica di funzionamento incl. alimentatore a spina

1 trasmettitore di ultrasuoni da 40 kHz

1 penna a ultrasuoni

2 cavi BNC

Dotazione supplementare necessaria:

1 oscilloscopio USB 2x40 MHz 1012845
oppure
1 oscilloscopio analogico 2x20 MHz 1008695

- Per l'alimentazione dell'apparecchio collegare l'alimentatore a spina fornito in dotazione.
- Collegare il trasmettitore di ultrasuoni al generatore G1 o, in alternativa, al generatore G2.
- Collegare la penna a ultrasuoni con il canale A.
- Con l'interruttore S1 attivare il filtro passa alto (≈) e impostare l'interruttore S2 su per l'accoppiamento del generatore G1 o su per l'accoppiamento del generatore G2.
- Collegare le uscite dei canali all'oscilloscopio.
- Spostare la penna a ultrasuoni in modo da illuminare l'indicatore di fase, sotto forma di LED, al minimo. Confrontare quindi la relazione di fase tra i due segnali.
- Spostare la penna a ultrasuoni in modo da illuminare l'indicatore di fase, sotto forma di LED, al massimo. Confrontare quindi la relazione di fase tra i due segnali.
  Nota: L'indicatore di fase indica la differenza di fase tra il segnale del generatore e il segnale del ricevitore della penna a ultrasuoni. La relazione di fase tra due punti qualsiasi dell'onda ultrasonora viene analizzata se una sonda microfono è collegata al canale A e l'interruttore S2 è impostato su .

6.4 Registrazione di isofasi o determinazione della lunghezza d'onda mediante penna a ultrasuoni

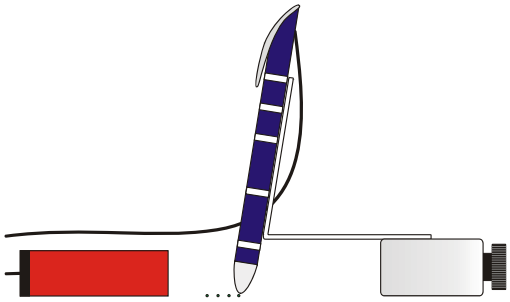


Fig. 3 Disposizione della penna a ultrasuoni sul piano di lavoro e orientamento rispetto alla sorgente sonora

Occorrente:

1 elettronica di funzionamento incl. alimentatore a spina

1 trasmettitore di ultrasuoni da 40 kHz

1 penna a ultrasuoni

1 supporto per penna a ultrasuoni

- Utilizzare un foglio di carta come appoggio.
- Per l'alimentazione dell'apparecchio collegare l'alimentatore a spina fornito in dotazione.
- Collegare il trasmettitore di ultrasuoni ad es. al generatore G1.
- Collegare la penna a ultrasuoni al canale A e montarla nel supporto in modo tale che la punta rimanga solamente a una distanza di circa 1 mm rispetto al piano d'appoggio e con il supporto sia orientata verso il trasmettitore.
- Con l'interruttore S1 attivare il filtro passa alto (≈) e impostare l'interruttore S2 per l'accoppiamento del generatore G1 su .
- Spostare la penna a ultrasuoni in modo da illuminare l'indicatore di fase al minimo.
- Segnare sulla carta la posizione della punta della penna a ultrasuoni utilizzando un pennarello fine.

Per la registrazione di isofasi:

- Spostare la penna a ultrasuoni trasversalmente rispetto alla direzione di irradiazione continuando a illuminare l'indicatore di fase al minimo. Accertarsi del corretto orientamento rispetto al trasmettitore.
- Segnare sulla carta la nuova posizione della punta della penna a ultrasuoni utilizzando un pennarello fine.

Per la determinazione della lunghezza d'onda:

- Spostare la penna a ultrasuoni nella direzione di irradiazione fintanto che l'indicatore di fase si illumina al minimo.
- Segnare sulla carta la nuova posizione della punta della penna a ultrasuoni utilizzando un pennarello fine.

7. Esperimenti

7.1 Specchio di Lloyd

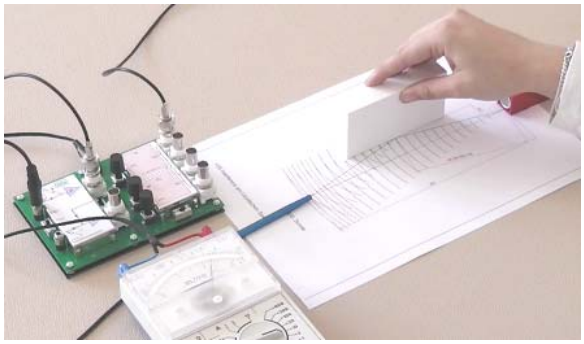


Fig. 4 Riflessione sullo specchio di Lloyd

Occorrente:

1 elettronica di funzionamento incl. alimentatore a spina

1 trasmettitore di ultrasuoni da 40 kHz

1 sonda microfono

1 riflettore

1 cavo BNC/ 4 mm

Dotazione supplementare necessaria:

1 misuratore multiplo ESCOLA 10 1006810

- Per l'alimentazione dell'apparecchio collegare l'alimentatore a spina fornito in dotazione.
- Collegare il trasmettitore di ultrasuoni al generatore G1.
- Collegare la sonda microfono al canale A e disporre a poca distanza di fronte al trasmettitore.
- Collegare l'uscita del canale al misuratore multiplo (range di misura: CA, 10 V).
- Con l'interruttore S1 attivare il filtro passa alto (≈) e impostare l'interruttore S2 su ▮.
- Posizionare il riflettore parallelamente al raggio diretto.
- Modificare la distanza del riflettore dal raggio diretto e osservare i valori massimi e minimi dell'ampiezza acustica misurata.

Nota: se la distanza fra il piano formato da trasmettitore e ricevitore e le superfici riflettenti come ad es. la piastra di base assume determinati valori, è possibile che il raggio diretto e il raggio riflesso sulla superficie interferiscano in maniera distruttiva. Con lo specchio di Lloyd, è possibile stabilire la distanza minima per questo effetto, che non si manifesta più se tale distanza viene diminuita sistemando trasmettitore e ricevitore direttamente sul piano di lavoro.

7.2 Riflessione su uno specchio concavo

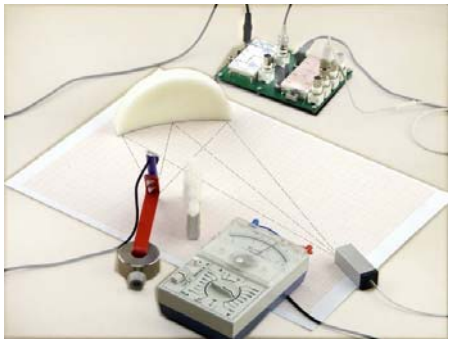


Fig. 5 Riflessione di un fascio ultrasonoro divergente su uno specchio concavo

Occorrente:

1 elettronica di funzionamento incl. alimentatore a spina

1 trasmettitore di ultrasuoni da 40 kHz

1 penna a ultrasuoni incl. supporto

o

1 sonda microfono

1 specchio concavo

1 assorbitore

1 cavo BNC/ 4 mm

Dotazione supplementare necessaria:

1 misuratore multiplo ESCOLA 10 1006810

- Per l'alimentazione dell'apparecchio collegare l'alimentatore a spina fornito in dotazione.
- Collegare il trasmettitore di ultrasuoni al generatore G1.
- Collegare la penna a ultrasuoni o la sonda microfono al canale A e disporre a poca distanza di fronte al trasmettitore.
- Collegare l'uscita del canale al misuratore multiplo (range di misura: CA, 10 V).
- Con l'interruttore S1 attivare il filtro passa alto (≈) e impostare l'interruttore S2 su ▮.
- Posizionare lo specchio concavo e orientare il trasmettitore verso di esso.
- Posizionare il riflettore parallelamente al raggio diretto.
- Rilevare la posizione ottimale del ricevitore per la costruzione geometrica e collocarvi la penna a ultrasuoni.
- Spostare la penna a ultrasuoni in modo da portare il segnale del ricevitore al massimo.

Nota: la disposizione del trasmettitore e del ricevitore rispetto allo specchio concavo è paragonabile a un impianto di ricezione satellitare di tipo domestico.

7.3 Diffrazione su uno spigolo

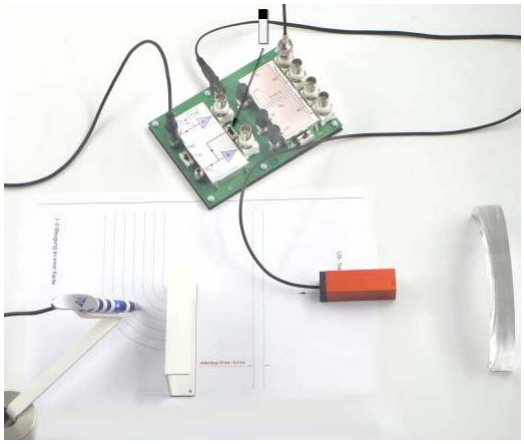


Fig. 6 Registrazione di isofasi nella diffrazione di onde piane su uno spigolo

Occorrente:

1 elettronica di funzionamento incl. alimentatore a spina

1 trasmettitore di ultrasuoni da 40 kHz

1 penna a ultrasuoni con supporto

1 specchio concavo

1 riflettore

- Per l'alimentazione dell'apparecchio collegare l'alimentatore a spina fornito in dotazione.
- Posizionare lo specchio concavo e contrassegnarne il fuoco (distanza focale 100 mm).
- Collegare il trasmettitore di ultrasuoni al generatore G1 e, nel fuoco dello specchio concavo, orientarlo verso quest'ultimo.
- Con l'interruttore S1 attivare il filtro passa alto (≈) e impostare l'interruttore S2 per l'accoppiamento del generatore G1 su ⎓.
- Collegare la penna a ultrasuoni al canale A e montarla nel supporto in modo tale che la punta rimanga solamente a una distanza di circa 1 mm rispetto al piano d'appoggio.
- Posizionare la penna a ultrasuoni con supporto dietro al trasmettitore e orientarla verso lo specchio concavo.
- Spostare la penna a ultrasuoni fino a quando l'indicatore di fase si spegnerà, contrassegnare quindi la posizione della penna a ultrasuoni sul piano.
- Per registrare i fronti d'onda dopo la riflessione sullo specchio concavo, spostare la penna a ultrasuoni trasversalmente rispetto all'asse del raggio e contrassegnare i punti di luminosità minima dell'indicatore di fase.
- Spostare la penna a ultrasuoni nella direzione del fascio e registrare l'isofase successiva.
- Posizionare il riflettore come spigolo di diffrazione e rilevare le isofasi modificate attraverso la diffrazione.

Nota: le isofasi (punti di luminosità minima) corrispondono ad una "fotografia istantanea" dei fronti d'onda. La distanza tra due isofasi è uguale alla lunghezza di un'onda.

7.4 Diffrazione su doppia fenditura

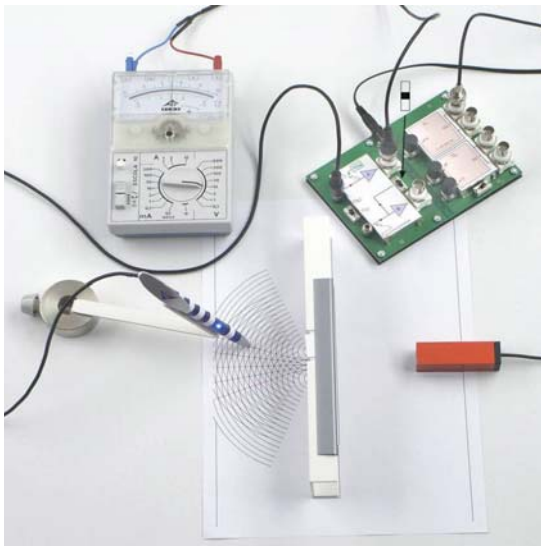


Fig. 7 Diffrazione su doppia fenditura

Nota: in ciascuna delle due fenditure si generano nuovi fronti d'onda circolari, predefiniti nel modello a una distanza di mezza lunghezza d'onda. I punti di intersezione formano linee (iperboli) di interferenza costruttiva e distruttiva.

Occorrente:

1 elettronica di funzionamento incl. alimentatore a spina

1 trasmettitore di ultrasuoni da 40 kHz

1 penna a ultrasuoni con supporto

1 set per doppia fenditura

1 assorbitore

1 cavo BNC/ 4 mm

Dotazione supplementare necessaria:

1 misuratore multiplo ESCOLA 10 1006810

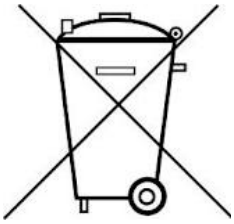
- Per l'alimentazione dell'apparecchio collegare l'alimentatore a spina fornito in dotazione.
- Utilizzare il modello di lavoro.
- Preparare la doppia fenditura accertandosi che entrambe le fenditure presentino la medesima larghezza (circa 5 mm).
- Collegare il trasmettitore di ultrasuoni da 40 kHz al generatore G1 e allinearlo centralmente con la doppia fenditura.
- Con l'interruttore S1 attivare il filtro passa alto (≈) e impostare l'interruttore S2 per l'accoppiamento del generatore G1 su ⎓.

- Collegare la penna a ultrasuoni al canale A e montarla nel supporto in modo tale che la punta rimanga solamente a una distanza di circa 1 mm rispetto al piano d'appoggio.
- Posizionare la penna a ultrasuoni con supporto dietro alla doppia fenditura su un fronte d'onda prestabilito.
- Spostare il trasmettitore di ultrasuoni in direzione del fascio fino a quando l'indicatore di fase si spegnerà.
- Riprodurre i fronti d'onda tracciati sul modello di lavoro spostando la penna a ultrasuoni.
- Portare la penna a ultrasuoni su un punto di un'iperbole blu, allineare accuratamente al centro della doppia fenditura e identificare la deviazione dell'indicatore minima sul misuratore multiplo come diffrazione minima.
- Spostare la penna a ultrasuoni parallelamente alla doppia fenditura e trovare i valori minimi e massimi di diffrazione.
- Portare la penna a ultrasuoni su un punto di un'iperbole blu, allineare accuratamente al centro della doppia fenditura e identificare la deviazione dell'indicatore minima sul misuratore multiplo come diffrazione minima.

Nota: se la penna a ultrasuoni si trova nella posizione di un primo minimo di diffrazione, coprendo la prima o la seconda fenditura è possibile aumentare notevolmente l'intensità presso il punto di misura. Con l'ausilio di un oscilloscopio si può inoltre dimostrare che le curve di misurazione della prima e della seconda fenditura ad una medesima ampiezza sono rispettivamente spostate di 180°.

8. Smaltimento

Non gettare l'apparecchio nei rifiuti domestici!



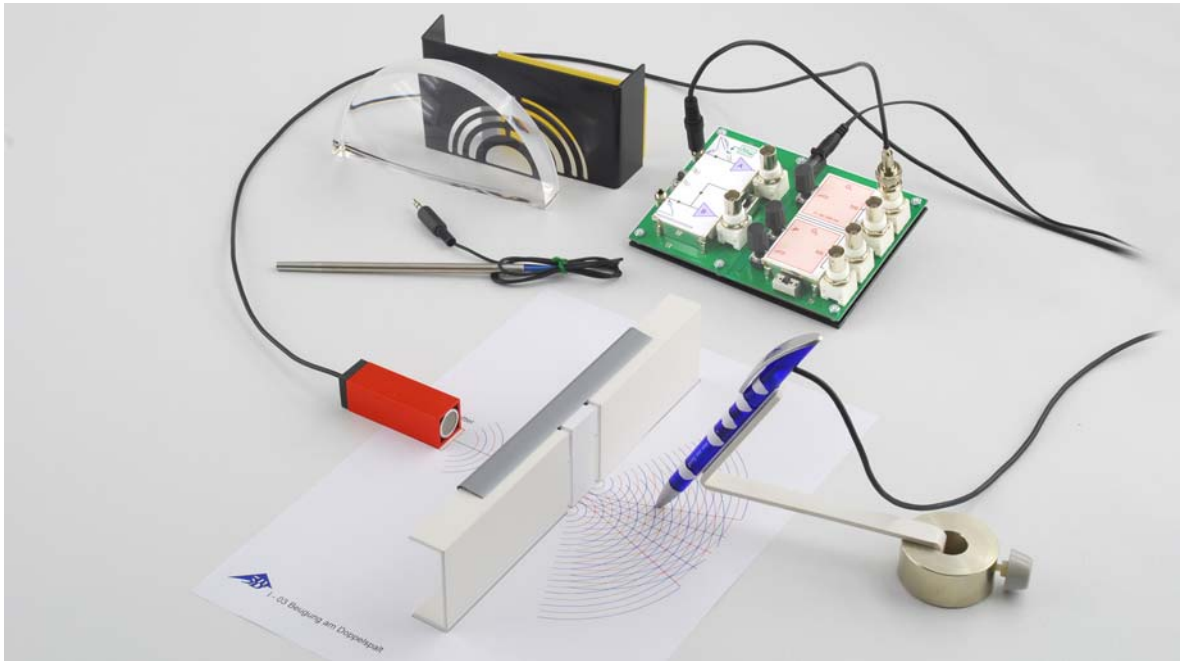
- Smaltire l'imballo e i componenti presso i centri di raccolta e riciclaggio locali.

© Copyright 2012 3B Scientific GmbH

Paquete-SW - Ultrasonido (230 V, 50/60 Hz) 1012845
Paquete-SW - Ultrasonido (115 V, 50/60 Hz) 1012846

Instrucciones de uso

08/12 TL



1. Descripción

El paquete-SW – Ultrasonido está diseñado para la representación de las propiedades fundamentales de las ondas en experimentos de sobremesa de espacio reducido, tomando como ejemplo ondas de ultrasonido de 40-kHz.

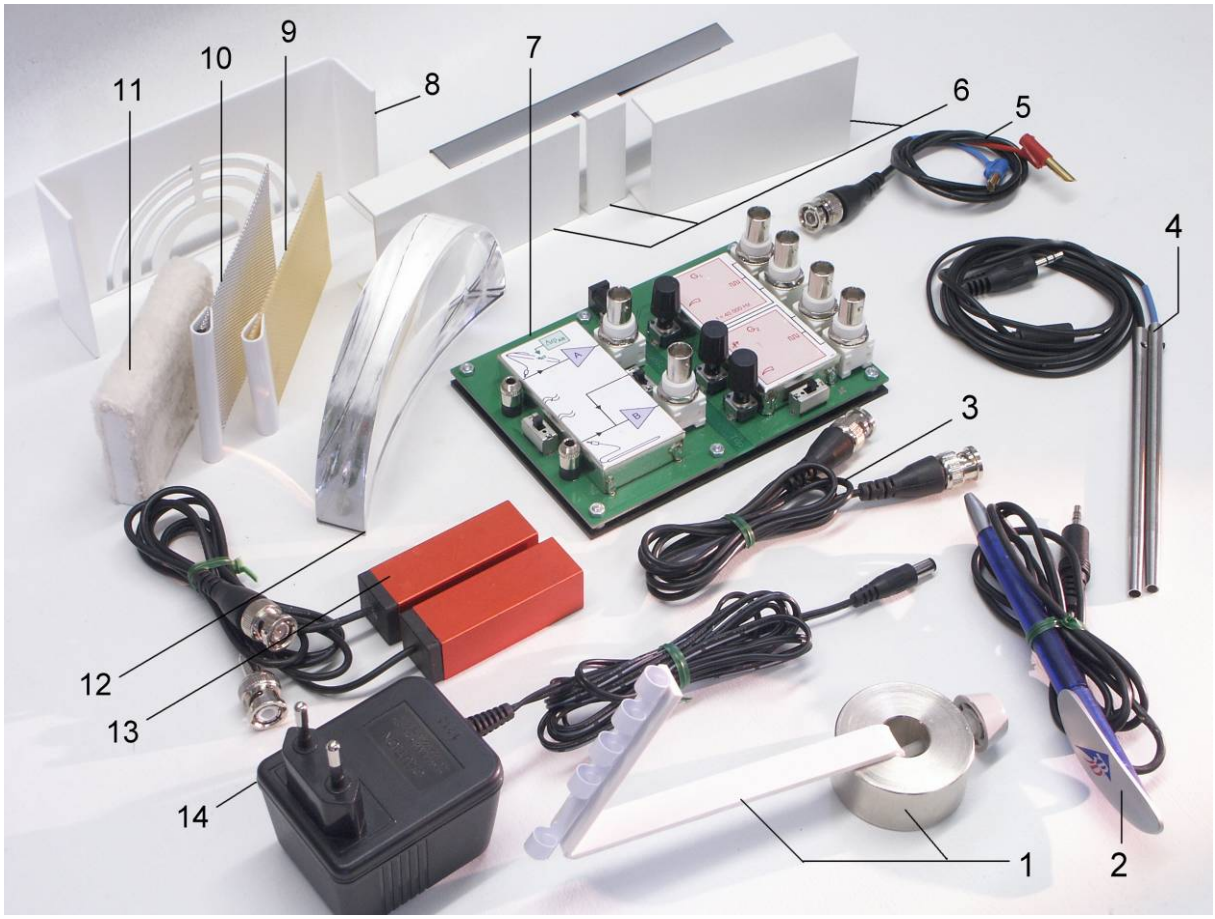
La propagación del ultrasonido tiene lugar casi totalmente paralela por encima de la superficie de la mesa de trabajo. Objetos de difracción, espejos planos, espejos cóncavos, placa de zonas de Fresnel (lente de Fresnel) etc. se pueden por lo tanto exponer sobre el espacio situado encima de la superficie de la mesa. Esto facilita un montaje experimental claro, utilizando esquemas patrones y máscaras a superponer.

Sondas apropiadas hacen posible trazar las oscilaciones en cualquier punto de la onda, así como la medición de campos de ultrasonido después de, la reflexión, la difracción de las ondas o de la interferencia de las mismas. Una de esas sondas, un lápiz US, está dotada de un indicador de fase, en forma de un LED, cuya claridad se reduce a un mínimo cuando la diferencia de fases entre el punto de medida y un punto de referencia seleccionado es un múltiplo entero de 360°. Con el lápiz US se pueden trazar, p. ej. frentes de ondas en forma de líneas de igual fase (isofases).

Para algunos experimentos ulteriores se recomienda la utilización de un multímetro con una banda de frecuencias lo suficientemente ancha para la medición de las amplitudes del ultrasonido. Conectando un osciloscopio de dos canales se pueden representar en pantalla las oscilaciones del ultrasonido en el punto de localización de la sonda.

El juego de equipamiento con el número de catálogo 1012845 está dimensionado para una tensión de red de 230 V (±10 %), 1012846 para 115 V (±10 %).

2. Volumen de suministro



1 Soporte para el lápiz US
2 Lápiz US
3 Cables BNC, 1 m (2x)
4 Sondas de micrófono (2x)
5 Cable BNC/ 4 mm
6 Juego para rendija doble,
incl. dos espejos/reflectores
7 Electrónica de operación
8 Placa de zonas (lente) de Fresnel
9 Espejo semitransparente 50%
10 Espejo semitransparente 25%
11 Absorbedor de ultrasonido
12 Espejo cóncavo
13 Emisores de ultrasonido 40 kHz (2x)
14 Fuente de alimentación enchufable (230 V, 50/60 Hz)
resp.
Fuente de alimentación enchufable (115 V, 50/60 Hz) no en la gráfica

Juego de máscaras a superponer, no en la gráfica

3. Seguridad eléctrica

El paquete-SW – Ultrasonido obedece a las prescripciones de seguridad para, aparatos eléctricos, de medida, de control y regulación y de laboratorios, según la normativa DIN EN 61010, Parte 1. Éste paquete está previsto para su funcionamiento en recintos secos, los cuales sean apropiados para medios de trabajo eléctricos.

Mientras se use de acuerdo con las especificaciones indicadas, se garantiza el funcionamiento seguro del equipo. La seguridad no se puede garantizar cuando los aparatos no se manejen apropiadamente o se manipulen sin el cuidado correspondiente.

4. Conformidad CE

El paquete-SW – Ultrasonido (la electrónica de operación, el lápiz US y la sonda de micrófono) están en conformidad con las directrices para la compatibilidad electromagnética (EG108/2004) y por lo tanto son conformes con las leyes europeas CE.

5. Componentes

5.1 Electrónica de operación

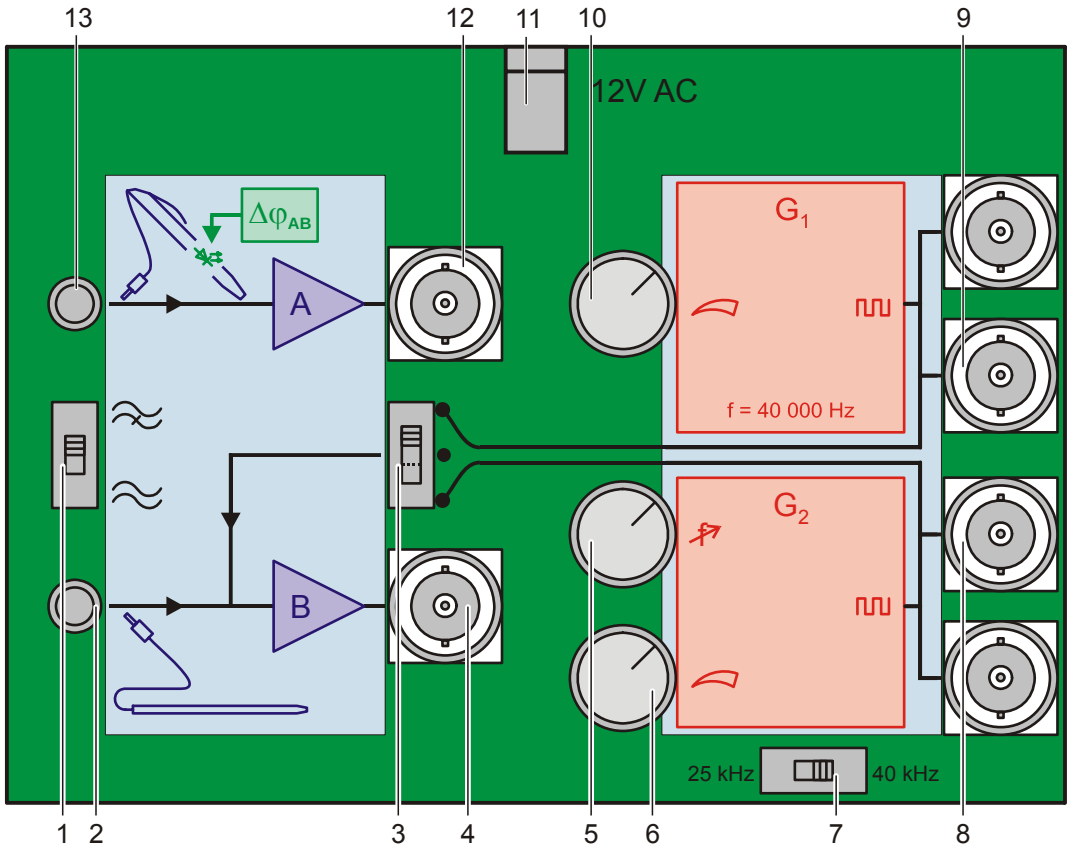


Fig. 1 Electrónica de operación

1 Conmutador S1
2 Entrada canal B
3 Conmutador S2
4 Salida del canal B
5 Ajuste de frecuencia del generador G2
6 Ajuste de amplitud del generador G2
7 Conmutador S3
8 Salida del generador G2
9 Salida del generador G1
10 Ajuste de amplitud del generador G1
11 Casquillo hueco para la fuente de alimentación enchufable
12 Salida del Canal A
13 Entrada del Canal A

La electrónica de operación sirve, para alimentar el emisor de ultrasonido, para amplificar las señales de las sondas de micrófono y del lápiz US, así como para la excitación del indicador de fase en el lápiz US.

La electrónica de operación se compone de un bloque de generador de dos etapas y un bloque de amplificación de dos canales, el cual lleva una unidad funcional para la comparación de la fase entre los dos canales.

En el bloque de generador se producen las tensiones alternas para el emisor de ultrasonido. El generador G1 se estabiliza en 40,000 kHz por medio de un cuarzo oscilante, mientras que en G2 se tiene a disposición una frecuencia conmutable entre 25 y 40 kHz y además variable en aprox. ± 0,5 %. Cada uno de los dos generadores dispone de un ajuste de amplitud y de dos casquillos de salida conectados en paralelo.

En el bloque de amplificación se amplifican las tensiones eléctricas de las sondas de ultrasonido y se conectan a los casquillos de BNC. En ambos canales se puede conectar adicionalmente un paso de altas para filtrar partes de sonido de baja frecuencia.

A los amplificadores de entrada sigue un grupo funcional que compara las señales de los canales A y B y hace una trasformación a una corriente continua proporcional a la diferencia de fases entre las dos señales. Esta corriente se conduce al lápiz US por medio del casquillo de entrada del canal A. Si la diferencia de fases es un múltiplo entero de 360° la iluminación del LED del lápiz se hace mínima.

Generador G1:

Frecuencia:	40,000 kHz, estabilizada por cuarzo
Amplitud:	ajustable
Salida:	2 Casquillos BNC, conectados en paralelo

Generador G2:

Alcance de frecuencias 1:	aprox. 38 … 42 kHz
Alcance de frecuencias 2:	aprox. 24 … 26 kHz
Alcances de frecuencia:	conmutables
Amplitud:	ajustable
Salida:	2 Casquillos BNC, conectados en paralelo

Amplificadores (Canales A y B):

Resistencia de entrada:	10 kΩ
Tensión previa:	8 V
Factor de amplificación	aprox. 100
Resistencia de salida:	1 kΩ
Alcance de frecuencias:	2 kHz … 43 kHz (± 3dB) con paso de altas 2 Hz … 43 kHz (± 3dB) sin paso de altas
Entradas:	Casquillo de trinquete
Salidas:	Casquillo BNC

Comparación de la fase entre A y B:

Excitación para el lápiz US:	0 …15 mA (CC)
Acoplamiento en B:	Señal de generador G1, Señal de generador G2 o desconectado

Datos generales:

Alimentación:	12 V CA, 500 mA de la fuente de alimentación enchufable
Dimensiones:	aprox. 100x140x45 mm³
Masa:	aprox. 530 g incl. Fuente de alimentación enchufable

Fuente de alimentación enchufable para 1012845:

Lado primario:	230 V, 50/60 Hz
Lado secundario:	12 V CA; 750 mA

Fuente de alimentación enchufable para 1012846:

Lado primario:	115 V, 50/60 Hz
Lado secundario:	12 V CA; 500 mA

5.2 Emisor de ultrasonido 40 kHz

Emisor de ultrasonido diseñado para ser colocado sobre la mesa de trabajo con transductor de ultrasonido a ras con la apertura de salida, en un tubo de aluminio de sección cuadrada. Curva característica de resonancia poco pronunciada, para funcionar en el alcance de frecuencias 1 del generador G2 o en la frecuencia fija de 40,000 kHz.

Observación: El alcance de frecuencias 2 de la electrónica de operación US sólo puede ser emitida con un transductor separado, el cual no forma parte del volumen de suministro del paquete-SW.

Tensión de entrada:	20 V CA r m s/ 70 Vpp max.
Impedancia:	> 500 Ω
Presión de sonido:	110 dB con 10 V
Ancho de banda:	> 7 kHz / -90 dB
Frecuencia:	40 kHz (±1 kHz)
Conexión:	Enchufe BNC
Dimensiones:	aprox. 20 x 20 x 60 mm³
Longitud del cable:	aprox. 1 m

5.3 Sonda de micrófono

Advertencia: El transductor en la sonda de micrófono es muy sensible a la humedad y a efectos mecánicos.

- El transductor no se debe exponer a cargas mecánicas y no se debe dejar entrar en contacto con líquidos.

Sonda de micrófono diseñada para ser colocada sobre la mesa de trabajo, con transductor dispuesto inmediatamente en la apertura de entrada, en un tubo metálico delgado.

Alcance de frecuencias:	de 1 Hz hasta 43 kHz
Salida:	Señal para los canales A ó B
Conexión:	Enchufe de trinquete 3,5 mm (Punta)
Longitud del cable:	aprox. 1 m
Dimensiones:	aprox. 6 mm Ø x 150 mm
Masa:	aprox. 25 g

5.4 Lápiz US (incl. soporte)

Advertencia: El transductor en el lápiz US es sensible a la humedad y a efectos mecánicos.

- El transductor no se debe exponer a esfuerzos mecánicos y no se debe dejar entrar en contacto con líquidos.

Sonda de ultrasonido con transductor incorporado e indicador de fase adicional en forma de un LED, cuya excitación de corriente se genera en la electrónica de operación a partir de las tensiones de señal A y B. La claridad del LED se reduce a un mínimo cuando la diferencia de fases entre el punto de medida y un punto de referencia seleccionado es un múltiplo entero de 360°.

Se soporta y se conduce con la mano o para evitar lo más posible reflexiones que perturben se coloca en el soporte que se entrega.

Entrada del indicador de fase (sólo del canal A):	0 … 15 mA (CC)
Alcance de frecuencias:	de 1 Hz hasta 43 kHz
Salida:	Señal para el canal A o el canal B
Conexión:	Enchufe de trinquete 3,5 mm Entrada: Anillo Salida: Punta
Longitud del cable:	aprox. 1 m
Dimensiones:	aprox. 10 mm Ø x 150 mm
Masa:	aprox. 32 g sin soporte

5.5 Espejo cóncavo

Espejo cóncavo diseñado para el espacio por encima de la superficie de la mesa, de plástico transparente.

Distancia focal:	100 mm
Radio de curvatura:	200 mm
Dimensiones:	aprox. 140 x 20 x 70 mm³

5.6 Placa de zonas de Fresnel

Placa de zonas de Fresnel, de plástico, diseñada para el espacio encima de la superficie de la mesa de trabajo.

Distancia focal:	35 mm
Dimensiones:	aprox. 140 x 20 x 50 mm³

5.7 Absorbedor de ultrasonido

Componente para la demostración de la insonorización o aislamiento acústico o para la supresión del ultrasonido que se propaga directamente entre el emisor y la sonda de micrófono en algunos experimentos.

Superficie:	Tejido de frisa
Dimensiones:	aprox. 80 x 15 x 50 mm³

5.8 Juego para rendija doble

Juego de aparatos para el montaje de una rendija doble resp. una sencilla o para ser utilizado como reflector resp. espejo separado.

Superficie:	recubierta de plástico
Dimensiones:	aprox. 100 x 20 x 50 mm³ resp. aprox. 20 x 20 x 50 mm³

5.9 Espejo semitransparente (50%) y espejo semitransparente (25%)

Parcialmente transparente y parcialmente reflejante, de plástico perforado (50%) resp. de aluminio desplegado (25%)

Dimensiones:	aprox. 100 x 20 x 60 mm³

5.10 Cable BNC

Para la conexión de las salidas de amplificador a un osciloscopio.

Longitud del cable:	aprox. 1 m

5.11 Cable BNC/ 4 mm

Para la conexión de las salidas de amplificador a un voltímetro analógico.

Longitud del cable:	aprox. 1 m

5.12 Juego de láminas esquemáticas de trabajo

Láminas esquemáticas de trabajo para los experimentos:

- Difracción en el borde de un cuerpo
- Propagación de una onda detrás de una rendija
- Difracción en una rendija doble
- Interferencia constructiva y destructiva en la difracción en una rendija doble
- Espejo de Lloyd
- Montaje de un interferómetro sencillo
- Montaje de un interferómetro de Michelson

6. Manejo

6.1 Experimentos de ultrasonido con 40 kHz

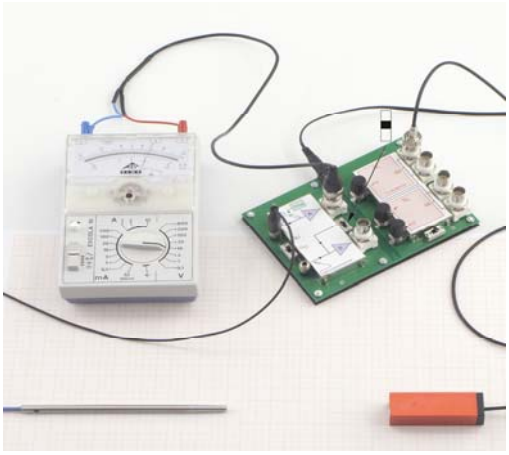


Fig. 2 Medición de amplitudes de ultrasonido con el multímetro

Se requiere:

1 Electrónica de operación, incl. fuente de alimentación enchufable

1 Emisor de ultrasonido 40 kHz

1 Sonda de micrófono
ó
1 Lápiz US

1 Cable BNC
resp.
1 Cable BNC/4 mm

Se requiere adicionalmente:

1 Osciloscopio USB 2x40 MHz	1012845
ó	
1 Osciloscopio analógico 2x20 MHz	1008695
ó	
1 Multímetro ESCOLA 10	1006810

- Para la alimentación de corriente del aparato de operación se conecta la fuente de alimentación enchufable que se suministra.
- Con el conmutador S1 se conecta el filtro de paso de altas (≈) y el conmutador S2 se lleva a la posición ▤.
- El emisor de ultrasonido de 40 kHz se conecta a la salida del generador G1.
- La sonda de micrófono se coloca enfrente del emisor y se conecta a la entrada del canal A o del B de la electrónica de operación.
  Observación: En lugar de la sonda de micrófono se puede también utilizar el lápiz US, conectándolo al canal A o al B. Su punta se orienta en dirección de la fuente de ultrasonido.
- La salida del canal se conecta en el osciloscopio (alcance de medida: 1 V/DIV, 2 µs/DIV) o en el multímetro (alcance de medida: CA, 10 V).
- Se observan las amplitudes de oscilación con el osciloscopio o por medio de las desviaciones del multímetro y se varían las amplitudes de ultrasonido del emisor por medio del ajuste de amplitudes.
  Observación: La desviación de la aguja del multímetro reacciona al principio proporcional a la amplitud ajustada. Con amplitudes más altas el amplificador está sobreexcitado y la tensión de salida se hace de forma cuadrada, porque el nível de tensión a la salida solo cambia entre la tensión de trabajo positiva y la negativa de la electrónica de operación. El osciloscópio muestra entonces um curso de señal trapezoidal o de onda cuadrada.

6.2 Experimentos de ultrasonido con frecuencia variable

Se requiere:

1 Electrónica de operación, incl. fuente de alimentación enchufable

1 Emisor de ultrasonido 40 kHz

1 Sonda de micrófono
ó
1 Lápiz US

1 Cable BNC

Se requiere adicionalmente:

1 Osciloscopio USB 2x40 MHz	1012845
ó	
1 Osciloscopio analógico 2x20 MHz	1008695

- Para la alimentación de corriente del aparato de operación se conecta la fuente de alimentación enchufable que se suministra
- Con el conmutador S1 se conecta el filtro de paso de altas (≈) y el conmutador S2 se lleva a la posición ▤.
- El emisor de ultrasonido de 40 kHz se conecta a la salida del generador G2.
- La sonda de micrófono se coloca enfrente del emisor y se conecta a la entrada del canal A o del B de la electrónica de operación.
  Observación: En lugar de la sonda de micrófono se puede también utilizar el lápiz US, conectándolo al canal A o al B. Su punta se orienta en dirección de la fuente de ultrasonido.
- La salida del canal se conecta en el osciloscopio (alcance de medida: 1 V/DIV, 2 µs/DIV).

- Se observan las amplitudes de oscilación con el osciloscopio y se varían las amplitudes de ultrasonido del emisor por medio del ajuste de amplitudes.
- Se observa con el osciloscopio la duración de la oscilación y se varía la frecuencia del emisor con el ajuste frecuencias.

6.3 Estudio de las diferencias de fase con el indicador de fases del lápiz US

Se requiere:

1 Electrónica de operación, incl. fuente de alimentación enchufable

1 Emisor de ultrasonido 40 kHz

1 Lápiz US

2 Cables de BNC

Se requiere adicionalmente:

1 Osciloscopio USB 2x40 MHz 1012845
ó
1 Osciloscopio analógico 2x20 MHz 1008695

- Para la alimentación de corriente del aparato de operación se conecta la fuente de alimentación enchufable que se suministra.
- El emisor de ultrasonido se conecta en el generador G1 o alternativamente en el generador G2.
- Se conecta el lápiz US en el canal A.
- Con el conmutador S1 se conecta el filtro de paso de altas (≈) y el conmutador S2 se lleva a para acoplar el generador G1 resp. a para acoplar el generador G2.
- Se conectan las salidas de los canales en el osciloscopio.
- Se desplaza el lápiz US hasta que la claridad del LED del indicador de fases se haga mínima y se comparan las relaciones de fase entre las dos señales.
- Se desplaza nuevamente el lápiz US hasta que la claridad del LED del indicador de fase se haga máxima y se comparan las relaciones de fase entre las dos señales.
  Observación: El indicador de fase muestra la diferencia de fase entre la señal del generador y la señal de recepción del lápiz US.
  La relación de fase entre dos puntos cualesquiera se analiza cuando la sonda de micrófono se conecta en el canal A y el conmutador S2 se lleva a la posición .

6.4 Registro de las isofases o determinación de la longitud de onda con el lápiz US

Se requiere:

1 Electrónica de operación incl. Fuente de alimentación enchufable

1 Emisor de ultrasonido 40 kHz

1 Lápiz US

1 Soporte para lápiz US

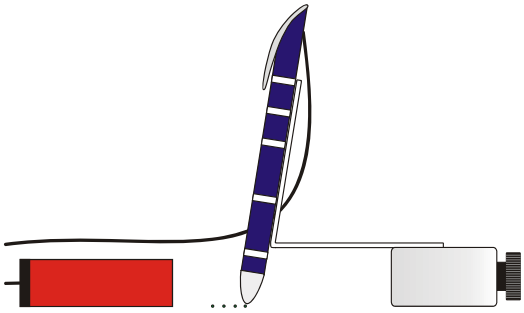


Fig. 3 Orden de colocación del lápiz US sobre la placa de trabajo y orientación hacia la fuente de ultrasonido

- Se utiliza como base una hoja de papel
- Para la alimentación de corriente del aparato de operación se conecta la fuente de alimentación enchufable que se suministra.
- Se conecta el emisor de ultrasonido p.ej. al generador G1.
- Se conecta el lápiz US al canal A y se monta en el soporte de tal forma que su punta quede a sólo 1 mm aprox. de la hoja base y con el soporte se orienta hacia el emisor.
- Con el conmutador S1 se conecta el filtro de paso de altas (≈) y el conmutador S2 se lleva a para acoplar el generador G1.
- Se desplaza el lápiz US hasta que la claridad del indicador de fase se haga mínima.
- Con la punta fina se marca en el papel la posición del lápiz US.

Para registrar las isofases:

- Se desplaza el lápiz US a lo largo de la hoja esquemática base, perpendicularmente a la dirección de emisión, de tal forma que el indicador de fase muestra siempre claridad mínima, manteniendo siempre la orientación hacia el emisor.
- Con la punta fina se marca en el papel la posición del lápiz US.

Para la determinación de la longitud de onda:

- Se desplaza el lápiz US en dirección de la radiación hasta que en el indicador de fase la claridad se haga mínima.
- Con la punta fina se marca en el papel la nueva posición del lápiz US.

7. Experimentos

7.1 Espejo de Lloyd

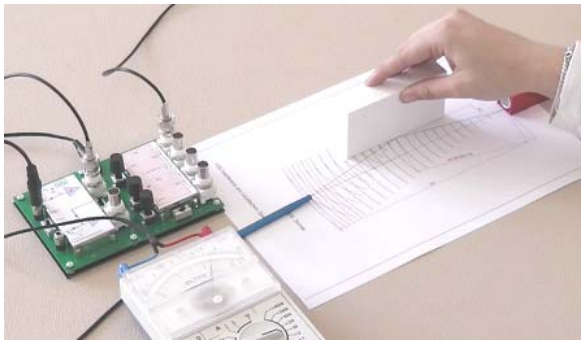


Fig. 4 Reflexión en un espejo de Lloyd

Se requiere:

1 Electrónica de operación, incl. fuente de alimentación enchufable

1 Emisor de ultrasonido 40 kHz

1 Sonda de micrófono

1 Reflector

1 Cable BNC/4 mm

Se requiere adicionalmente:

1 Multímetro ESCOLA 10 1006810

- Para la alimentación de corriente del aparato de operación se conecta la fuente de alimentación enchufable que se suministra.
- Se conecta el emisor de ultrasonido al generador G1.
- Se conecta la sonda de micrófono al canal A y se ordena a una distancia enfrente del emisor.
- La salida del canal se conecta al multímetro (alcance de medida: CA, 10 V).
- Con el conmutador S1 se conecta el filtro de paso de altas (≈) y el conmutador S2 se lleva a ▤.
- El reflector se ordena paralelamente al rayo directo.
- Se cambia la distancia del reflector hacia el rayo directo y al mismo tiempo se observan los máximos y mínimos de las amplitudes de ultrasonido medidas.

Observación: Si la distancia entre la superfície que se expande entre los emisores y el receptor y las superfícies reflejantes p.ej. la placa base asume determinados valores, el rayo directo y el reflejado pueden superponerse y realizar una interferência destructiva. Con el espejo de Lioyd se puede determinar la distancia mínima para este efecto. Este efecto no vuelve a aparecer cuando por la disposión del emisor y del receptor esta distancia no se alcanza directamente en la placa de trabajo.

7.2 Reflexión en un espejo cóncavo

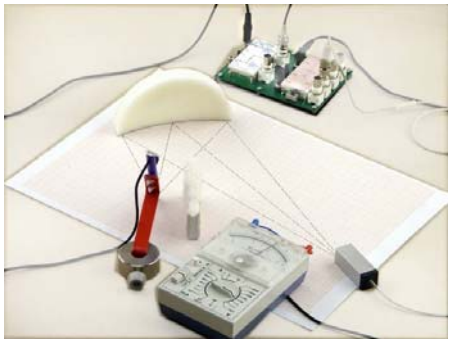


Fig. 5 Reflexión en un espejo cóncavo de un haz de ultrasonido divergente

Se requiere:

1 Electrónica de operación, incl. fuente de alimentación enchufable

1 Emisor de ultrasonido 40 kHz

1 Lápiz US, incluido soporte

ó

1 Sonda de micrófono

1 Espejo cóncavo

1 Absorbedor

1 Cable BNC/4 mm

Se requiere adicionalmente:

1 Multímetro ESCOLA 10 1006810

- Para la alimentación de corriente del aparato de operación se conecta la fuente de alimentación enchufable que se suministra.
- Se conecta el emisor de ultrasonido al generador G1.
- El lápiz US o alternativamente la sonda de micrófono se conecta al canal A y se ordena a una distancia enfrente del emisor.
- La salida del canal se conecta al multímetro (alcance de medida: CA, 10 V).
- Con el conmutador S1 se conecta el filtro de paso de altas (≈) y el conmutador S2 se lleva a ▤.
- Se erige el espejo cóncavo y se orienta el emisor hacia él.
- Se ordena el reflector paralelamente al rayo directo.
- Se determina la posición óptima del receptor haciendo una construcción geométrica y se coloca el lápiz US en este punto.
- Se desplaza el lápiz US de tal forma que la señal de recepción se haga máxima.

Observación: La disposición del emisor y El receptor referente al espejo cóncavo es comparable a una instalación de recepcion satelital doméstica.

7.3 Difracción en un borde

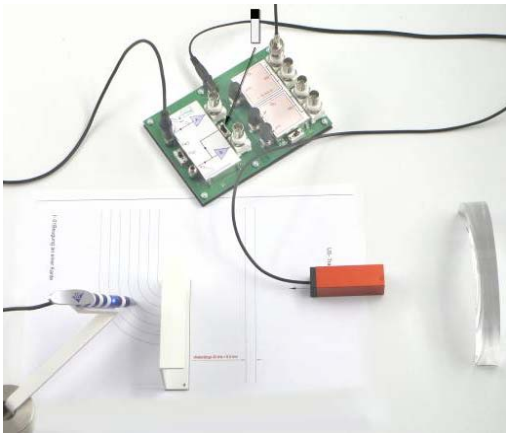


Fig. 6 Registro de las isofases en la difracción de una onda plana en un borde

Se requiere:

1 Electrónica de operación incl. fuente de alimentación enchufable

1 Emisor de ultrasonido 40 kHz

1 Lápiz US con soporte

1 Espejo cóncavo

1 Reflector

- Para la alimentación de corriente del aparato de operación se conecta la fuente de alimentación enchufable que se suministra.
- Se erige el espejo cóncavo y se marca el foco (distancia focal 100 mm).
- Se conecta el emisor de ultrasonido al generador G1 y en el foco del espejo cóncavo se orienta hacia el espejo cóncavo.
- Con el conmutador S1 se conecta el filtro de paso de altas (≈) y el conmutador S2 se lleva a ⋯ para acoplar el generador G1.
- Se conecta el lápiz US al canal A y se monta en el soporte de tal forma que su punta quede a sólo 1 mm aprox. de la hoja esquemática base.
- El lápiz US con su soporte se erige detrás del emisor y se orienta hacia el espejo cóncavo.
- Se desplaza el lápiz US de tal forma que el indicador de fase se apague y se marca la posición del lápiz US en la hoja esquemática base.
- Para el registro de los frentes ondas después de la reflexión en el espejo cóncavo se desplaza el lápiz US perpendicular al eje del rayo y se marcan los puntos de claridad mínima en el indicador de fase.
- Se desplaza el lápiz US en dirección del rayo y se traza la siguiente isofase.
- Se erige el reflector como borde difractante y se determinan las isofases cambiadas por la difracción.

Observación: Las isofases (puntos de mínima claridad) corresponden a una "Instantánea" de los frentes de onda. La distancia entre dos isofases consecutivas corresponde a una longitud de onda.

7.4 Difracción en una rendija doble

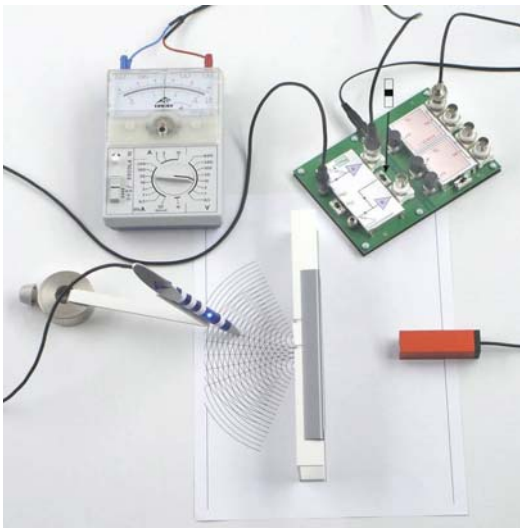


Fig. 7 Difracción en una rendija doble

Observación: En cada una de las rendijas se origina cada vez un nuevo frente onda de forma circular, los cuales están previamente dibujados en la lámina esquemátic a una distancia entre sí de media longitud de onda. Sus puntos de intersección forman líneas (hipérbolas) de interferencia destructiva y constructiva.

Se requiere:

1 Electrónica de operación inclusive fuente de alimentación enchufable

1 Emisor de ultrasonido 40 kHz

1 Lápiz US con soporte

1 Juego para rendija doble

1 Absorbedor

1 Cable BNC/4 mm

Se requiere adicionalmente:

1 Multímetro ESCOLA 10 1006810

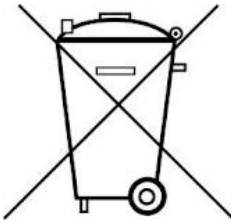
- Para la alimentación de corriente del aparato de operación se conecta la fuente de alimentación enchufable que se suministra.
- Se utiliza la lámina esquemática de trabajo.
- Se monta la rendija doble teniendo en cuenta que los anchos de las rendijas sean iguales (aprox. 5 mm).
- Se conecta el emisor de ultrasonido 40 kHz al generador G1 y se orienta hacia el centro de la rendija doble.
- Con el conmutador S1 se conecta el filtro de paso de altas (≈) y el conmutador S2 se lleva a ⋯ para acoplar el generador G1.

- Se conecta el lápiz US al canal A y se monta en el soporte de tal forma que su punta quede a sólo 1 mm aprox. de la hoja esquemática base.
- Se lleva el lápiz US a la parte trasera de la rendija doble y se coloca en uno de los frentes de onda ya dibujados.
- Se desplaza el emisor de ultrasonido en dirección del rayo hasta que el indicador de fase se apague.
- Desplazando el lápiz US se siguen los frentes de onda ya dibujados en la lámina esquemática.
- Se coloca el lápiz US sobre un punto de una hipérbola azul, se orienta con cuidado hacia el centro de la rendija doble y la desviación mínima de la aguja en el multímetro se identifica como un mínimo de difracción.
- Se desplaza el lápiz US paralelamente a la rendija doble y se buscan los máximos y mínimos de difracción.

Observación: Si el lápiz US se encuentra en la posición de uno de los primeros mínimos de difracción, se puede aumentar fuertemente la intensidad del punto de medida tapando la primera o la segunda rendija. Utilizando un osciloscopio se puede además demostrar que, las correspondientes curvas de medida de la primera y de la segunda rendija con la misma amplitud están desplazadas en 180°.

8. Desecho

¡En el caso eventual de una chatarrización, el aparato no debe formar parte de la basura doméstica normal!



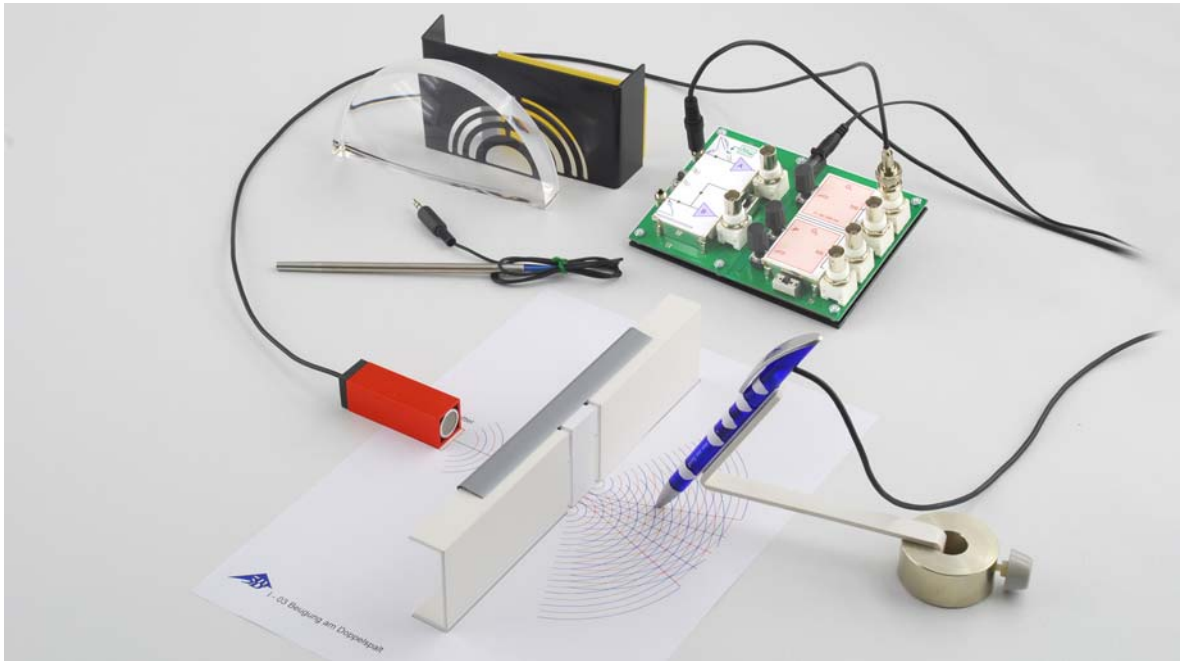
- El embalaje y las componentes se desechan en los sitios de reciclaje del lugar.

© Copyright 2012 3B Scientific GmbH

Pacote SW ultra-som (230 V, 50/60 Hz) 1012845
Pacote SW ultra-som (115 V, 50/60 Hz) 1012846

Instruções de operação

08/12 TL



1. Descrição

O pacote SW ultra-som é concebido para a representação das propriedades fundamentais de ondas em experiência de mesa com economia de espaço no exemplo de ondas de ultra-som de 40-kHz.

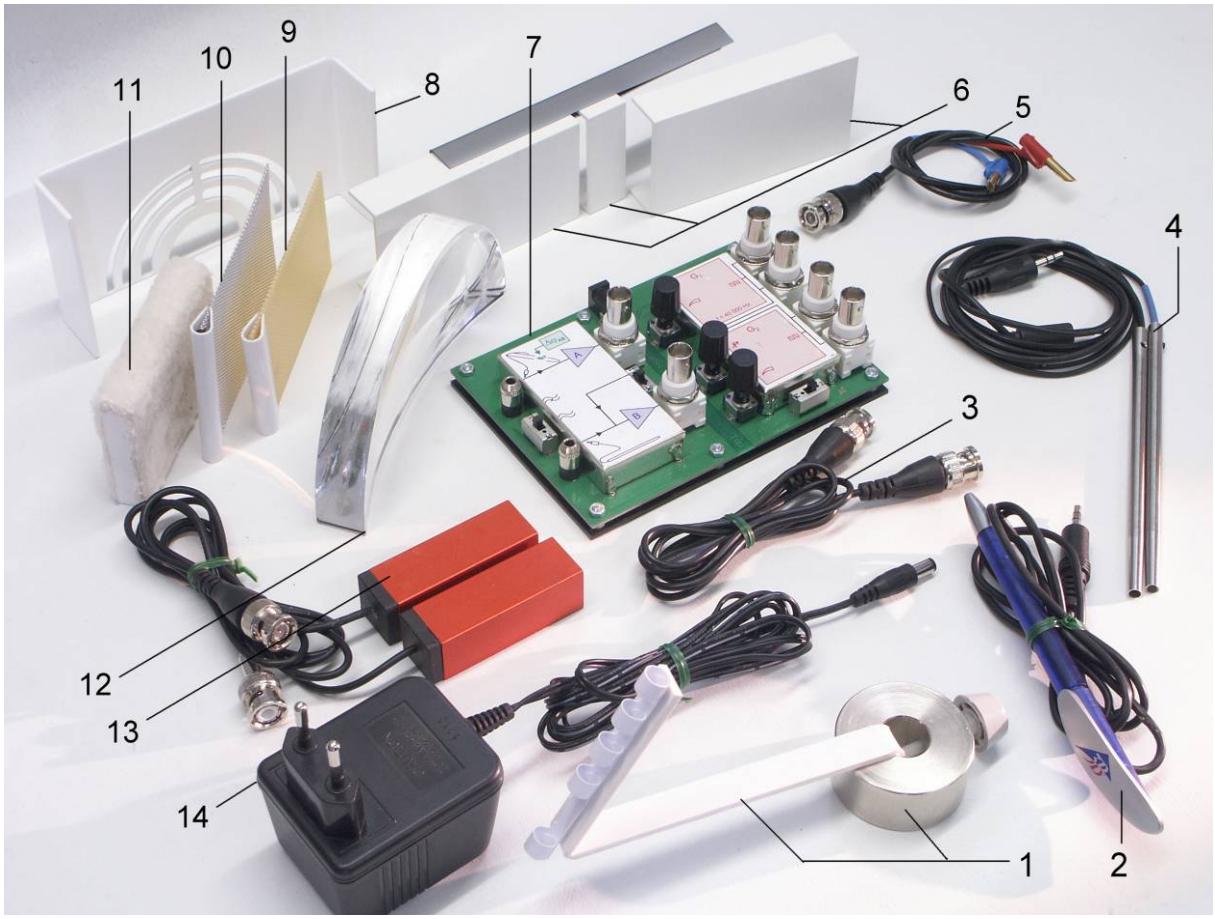
A propagação do som acontece numa boa aproximação no plano da mesa. Objetos de difração, espelhos, espelho côncavo, placa de zona de Fresnel, etc. por isto são colocados para o semi espaço sobre o plano da mesa. Isto facilita uma montagem experimental clara com a utilização de modelos de trabalho e máscaras de sobreposição.

Sondas adequadas possibilitam o registro de oscilações em quaisquer pontos da onda, assim como a medição dos campos de som após da reflexão, difração de ondas e interferência. Uma destas sondas, a caneta de ultra-som, contêm adicionalmente um indicador de fases em forma de LED, cuja luminosidade é reduzida para um mínimo, quando a diferencia de fases por entre os pontos de medição e de um ponto de referência escolhido seja um múltiplo de 360°. Com o caneta de ultra-sompor tanto podem-se registrar, por exemplo, frentes de ondas como linhas de igual posição de fase (isofases).

Para algumas outras experiências recomenda-se o emprego adicional de um aparelho multímetro com uma passagem de frequência suficiente para a medição das amplitudes de ultra-som. Na conexão de um osciloscópio de dois canais podem ser representadas as oscilações de ultra-som na posição da sonda.

O pacote de equipamento com o número de articulo de 1012845 é concebida para uma tensão da fonte de alimentação de rede de 230 V (±10 %), 1012846 para 115 V (±10 %).

2. Fornecimento



1 Suporte para a caneta de ultra-som
2 Caneta de ultra-som
3 Cabos BNC, 1 m (2x)
4 Sondas de microfone (2x)
5 Cabo BNC/ 4 mm
6 Conjunto para fenda dupla incluído dois espelhos / refletores
7 Eletrônica para a operação
8 Placa de zonas de Fresnel
9 Espelho semi traspassável 50%
10 Espelho semi traspassável 25%
11 Absorvedor de ultra-som
12 Espelho côncavo
13 Emissor de ultra-som 40 kHz (2x)
14 Fonte de alimentação (230 V, 50/60 Hz), respectivamente,
Fonte de alimentação (115 V, 50/60 Hz) não ilustrada
Conjunto de máscaras de sobreposição não ilustrado

3. Segurança elétrica

O pacote SW de ultra-som corresponde às regulações de segurança para aparelhos elétricos para medição, de comando, de regulação e de laboratório segundo DIN EN 61010 parte 1. Ele está previsto para ser utilizado em ambientes secos, que são apropriados para equipamentos elétricos de operação.

No caso da utilização segundo foi determinado à operação segura do equipamento está assegurada. Não entanto a segurança não estará garantida, quando os aparelhos são operados de maneira imprópria ou descuidadamente.

4. Conformidade de CE

O pacote SW de ultra-som(a eletrônica para a operação, o caneta de ultra-som e a sonda de microfone) corresponde à norma europeia para EMV (EG 108/2004) e sendo assim, estão conformes com a CE.

5. Componentes

5.1 Eletrônica para a operação

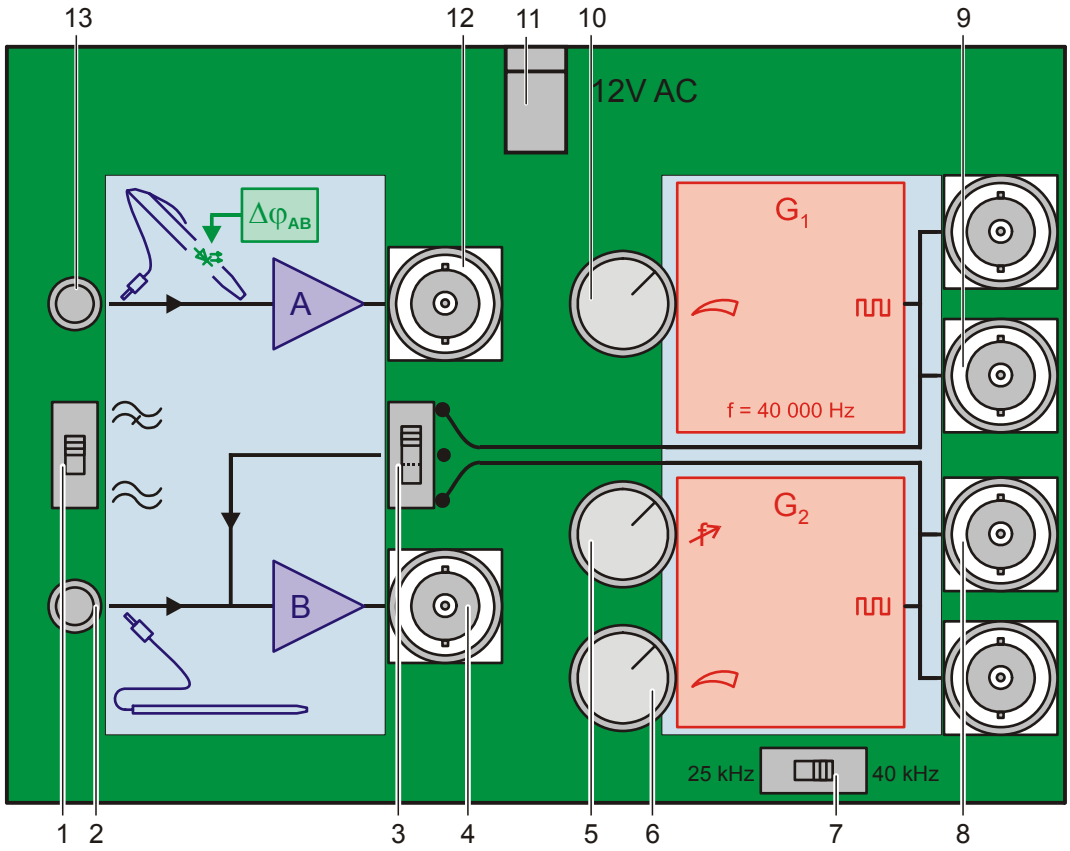


Fig. 1 Eletrônica para a operação

1 Comutador S1
2 Entrada canal B
3 Comutador S2
4 Saída canal B
5 Ajuste de frequência do gerador G2
6 Ajuste de amplitudes do gerador G2
7 Comutador S3
8 Saídas do gerador G2
9 Saídas do gerador G1
10 Ajuste de amplitudes do gerador G1
11 Tomada oca para a fonte de alimentação
12 Saída canal A
13 Entrada canal A

A eletrônica para a operação serve para a alimentação dos emissores de ultra som, para a amplificação dos sinais proveniente das sondas de microfone ou da caneta de ultra-som assim como o controle do indicador de fases na caneta de ultra som.

A eletrônica para a operação consiste de um bloco gerador de duas partes e de um bloco de amplificação de dois canais, que contem uma unidade de função para a comparação de fases entre os dois canais.

No bloco gerador são produzidas as tensões alternadas para o emissor de ultra som. O gerador G1 é estabilizado em 40,000 kHz por um oscilador de quartzo, enquanto tem a disposição no G2 uma frequência comutável entre 25 e 40 kHz e adicionalmente variável por aprox. ± 0,5 %. Ambos os geradores dispõem cada um de um ajuste de amplitudes e duas tomadas de saída conectadas.

No bloco amplificador as tensões elétricas das sondas de ultra-som são amplificadas e conectadas às tomadas BNC. Para ambos os canais podem ser conectados em adição um passa-altos, para filtrar partes do som de frequência baixa.

Aos amplificadores de entrada segue um grupo de funções, que compara os sinais dos canais A e B e os converte em corrente contínua proporcional a diferencia de fases. Esta corrente é conduzida por sobre a tomada de entrada do canal A para a caneta de ultra som. Se a diferencia de fases tem um múltiplo de 360° ilumina só minimamente o LED da caneta de ultra som.

Gerador G1:

Frequência:	40,000 kHz, estabilizado por quartzo
Amplitude:	ajustável
Saída:	2 tomadas BNC, conectadas em paralelo

Gerador G2:

Faixa de frequência 1:	aprox. 38 … 42 kHz
Faixa de frequência 2:	aprox. 24 … 26 kHz
Faixas de frequências:	comutável
Amplitude:	ajustável
Saída:	2 tomadas BNC, conectadas em paralelo

Amplificador (canal A e B):

Resistência de entrada:	10 kΩ
Pré-tensão:	8 V
Amplificação:	aprox. 100
Resistência de saída:	1 kΩ
Faixa de frequência:	2 kHz … 43 kHz (± 3dB) com passa-altos 2 Hz … 43 kHz (± 3dB) sem passa-altos
Entradas:	Conector TRS
Saídas:	Tomada BNC

Comparação de fases entre A e B:

Corrente de ativação para a caneta de ultra som:	0 …15 mA (DC)
Acoplamento em B:	Sinal de gerador G1, Sinal de gerador G2 ou desligado

Dados gerais:

Alimentação de corrente:	12 V AC, 500 mA da fonte de alimentação
Dimensões:	aprox.100x140x45 mm³
Massa:	aprox. 530 g incl. a fonte de alimentação

Fonte de alimentação para 1012845:

Lado primário:	230 V, 50/60 Hz
Lado secundário:	12 V AC; 750 mA

Fonte de alimentação para 1012846:

Lado primário:	115 V, 50/60 Hz
Lado secundário:	12 V AC; 500 mA

5.2 Emissor de ultra-som de 40 kHz

Para a colocação sobre a mesa de trabalho o emissor de ultra-som com o transdutor de ultra-som preparado de forma concisa, arranjado para a abertura de saída num tubo quadrado de alumínio. Uma curva característica de resonância debilmente marcada para a operação na faixa de frequência 1 de gerador G2 ou na frequência fixa de 40,000 kHz.

Indicação: **a faixa de frequência** 2 da eletrônica para a operação US só pode ser refletida com um transdutor separado, que não pertence ao fornecimento do pacote SW.

Tensão de entrada:	20 V AC RMS/ 70 Vpp máx.
Impedância:	> 500 Ω
Pressão do som:	110 dB em 10 V
Largura da banda:	> 7 kHz / -90 dB
Frequência:	40 kHz (±1 kHz)
Conexão:	conector BNC
Dimensões:	aprox. 20x20x60 mm³
Comprimento do cabo:	aprox. 1 m

5.3 Sonda de microfone

Indicação de advertência: O transdutor na sonda de microfone é sensível contra umidade e ações mecânicas.

- Não expor o transdutor a cargas mecânicas e não permitir entrar em contato com líquidos.

Para a colocação da sonda de microfone arranjada sobre a mesa de trabalho com o transdutor arranjado imediatamente na abertura de entrada em tubo de metal fino.

Faixa de frequência:	1 Hz até 43 kHz
Saída:	Sinal para os canais A ou B
Conexão:	Conector TRS de 3,5 mm (Ponta)
Comprimento de cabo:	aprox. 1 m
Dimensões:	aprox. 6 mm Ø x 150 mm
Massa:	aprox. 25 g

5.4 Caneta de ultra-som(incl. suporte)

Indicação de alerta: O transdutor na caneta de ultra-som é sensível contra umidade e ações mecânicas.

- Não expor o transdutor a cargas mecânicas e não permitir entrar em contato com líquidos.

A sonda de ultra-som com transdutor incorporado e indicador de fases adicional em forma de LED, cuja condução de corrente é gerada dos sinais de tensão A e B dentro da eletrônica para a operação. A luminosidade do LED é reduzida a um mínimo, quando a diferença de fases entre o ponto de medição e de um ponto de referência escolhido seja de um múltiplo de 360°.

Suporte e condução na mão ou para a ampla evitação de reflexões de interferência são possíveis com o suporte fornecido.

Entrada do indicador de fases (somente do canal A):	0 … 15 mA (DC)
Faixa de frequência:	1 Hz até 43 kHz
Saída:	Sinal para os canais A ou B
Conexão:	Conector TRS de 3,5 mm Entrada: anel Saída: ponta
Comprimento de cabo:	aprox. 1 m
Dimensões:	aprox. 10 mm Ø x 150 mm
Massa:	aprox. 32 g sem suporte

5.5 Espelho côncavo

Para o semi espaço sobre a superfície da mesa do arranjo do espelho côncavo de material plástico claro.

Largura focal:	100 mm
Raio da curvatura:	200 mm
Dimensões:	aprox. 140x20x70 mm³

5.6 Placa de zonas de Fresnel

Para o semi espaço sobre o plano da mesa para o arranjo da placa de zonas de Fresnel de material plástico.

Largura focal:	35 mm
Dimensões:	aprox. 140x20x50 mm³

5.7 Amortecedor de ultra-som

Componente para a demonstração da amortização de som ou para a supressão do som direto entre o emissor e a sonda de microfone em algumas experiências.

Superfície:	Pano peloso
Dimensões:	aprox. 80x15x50 mm³

5.8 Conjunto para a fenda dupla

Conjunto de dispositivos para a montagem de uma fenda dupla, respectivamente fenda única ou para a utilização com refletores individuais, respectivamente, espelhos.

Superfície:	laminado com material plástico
Dimensões:	aprox. 100x20x50 mm³, respectivamente, aprox. 20x20x50 mm³

5.9 Espelho semi traspassável (50%) e Espelho semi traspassável (25%)

Semi traspassável e semi refletivo de material plástico perfurado (50%), respectivamente, de metal de alumínio expandido (25%).

Dimensões:	aprox. 100x20x60 mm³

5.10 Cabo BNC

Para a conexão das saídas de amplificação num osciloscópio.

Comprimento de cabo: aprox. 1 m

5.11 Cabo BNC/ 4 mm

Para a conexão das saídas de amplificação num voltímetro analógico.

Comprimento de cabo: aprox. 1 m

5.12 Conjunto de modelos de trabalho

Modelos de trabalho para as experiências:

- Difração num canto de corpo
- Expansão de ondas detrás de uma fenda
- Difração na fenda dupla
- Interferência construtiva e destrutiva na difração na fenda dupla
- Espelho de Lloyd
- Montagem de um interferômetro
- Montagem de um interferômetro de Michelson

6. Operação

6.1 Experiências de ultra-som em 40,000 kHz

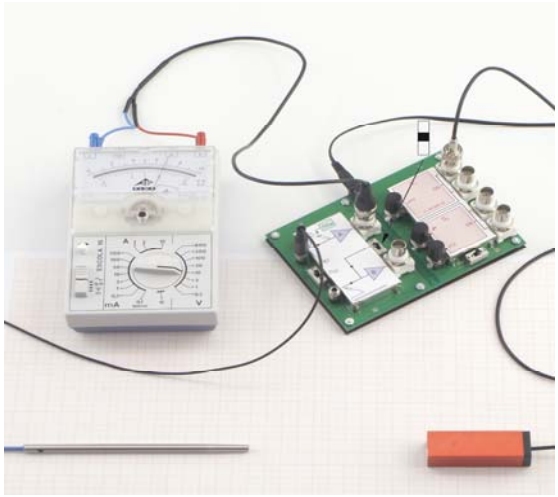


Fig. 2 Medição das amplitudes de ultra-som com o aparelho multímetro

Necessário:

1 Eletrônica para a operação, incl. fonte de alimentação

1 Emissor de ultra-som de 40 kHz

1 Sonda de microfone
ou
1 Caneta de ultra som

1 Cabo BNC
respectivamente,
1 Cabo BNC/4 mm

Adicionalmente necessário:

1 Osciloscópio USB 2x40 MHz 1012845
ou
1 Osciloscópio analógico 2x20 MHz 1008695
ou
1 Aparelho multímetro ESCOLA 10 1006810

- Para a alimentação de corrente do aparelho de operação conectar a fonte de alimentação fornecida.
- Com o comutador S1 conectar o filtro passa-altos em (≈) e o comutador S2 em ▮.
- Conectar o emissor de ultra-som de 40 kHz na saída do gerador G1.
- Colocar a sonda de microfone em frente do emissor e conectá-lo na entrada do canal A ou B da eletrônica para a operação.
  Indicação: No lugar da sonda de microfone também pode ser utilizado à caneta de ultra-som e ser conectada ao canal A ou B. A sua ponta é orientada para a fonte de som.
- Conectar a saída do canal no osciloscópio (Faixa de medição de 1 V/DIV, 2 µs/DIV) ou no aparelho multímetro (faixa de medição: AC, 10 V).
- Observar as amplitudes de oscilação com o osciloscópio e ou a oscilação do multímetro e variar as amplitudes de ultra-som do emissor com o comutador de amplitudes.

  Indicação: A oscilação do indicador do multímetro reage em primeiro lugar proporcional à amplitude ajustada. No caso de amplitudes mais elevadas o amplificador é sobrepassado e a tensão de saída em forma retangular, porque o nível de tensão na saída A agora somente muda entre a tensão de operação negativa e positiva. O osciloscópio indica então um percorrido de curva em forma de trapézio ou retangular.

6.2 Experiências de ultra-som em frequência variável

Necessário:

1 Eletrônica para a operação, incl. fonte de alimentação

1 Emissor de ultra-som de 40 kHz

1 Sonda de microfone
ou
1 Caneta de ultra som

1 Cabo BNC

Adicionalmente necessário:

1 Osciloscópio USB 2x40 MHz 1012845
ou
1 Osciloscópio analógico 2x20 MHz 1008695

- Para a alimentação de corrente do aparelho de operação conectar a fonte de alimentação fornecida.
- Com o comutador S1 conectar o filtro passa-altos em (≈) e o comutador S2 em ▮.
- Conectar o emissor de ultra-som de 40 kHz na saída do gerador G 2.
- Colocar a sonda de microfone em frente do emissor e conectá-la na entrada do canal A ou B da eletrônica para a operação.
  Indicação: No lugar da sonda de microfone também pode ser utilizada a caneta de ultra-som e ser conectada ao canal A ou B. A sua ponta é orientada para a fonte de som.
- Conectar a saída do canal ao osciloscópio (Faixa de medição 1 V/DIV, 2 µs/DIV).
- Observar as amplitudes de oscilação com o osciloscópio e variar as amplitudes de ultra-som do emissor com o comutador de amplitudes.
- Observar o intervalo das oscilações com o osciloscópio e variar a frequência do emissor com o comutador de frequência.

6.3 Análise de diferenças de fases com o indicador de fases da caneta de ultra som

Necessário:

1 Eletrônica para a operação, incl. Fonte de alimentação

1 Emissor de ultra-som de 40 kHz

1 Caneta de ultra som

1 Cabo BNC

Adicionalmente necessário:

1 Osciloscópio USB 2x40 MHz 1012845
ou
1 Osciloscópio analógico 2x20 MHz 1008695

- Para a alimentação de corrente do aparelho de operação conectar a fonte de alimentação fornecida.
- Conectar o emissor de ultra-som no gerador G1 ou alternativamente no gerador G2.
- Conectar a caneta de ultra-som no canal A.
- Com o comutador S1 conectar o filtro passa-altos (≈) e ajustar o comutador S2 para o acoplamento do gerador G1 em ⎓ respectivamente, para o acoplamento do gerador G2 em ⎓.
- Conectar as saídas dos canais no osciloscópio.
- Deslocar a caneta de ultra-som, de maneira que o LED ilumina no mínimo como indicador de fases e comparar a relação de fases entre os dois sinais.
- Deslocar a caneta de ultra-som, de maneira que o LED ilumina no máximo como indicador de fases e comparar a relação de fases entre os dois sinais.
  Indicação: O indicador de fases mostra a diferença de fases entre o sinal do gerador e do sinal de recepção da caneta de ultra som.
  A relação de fases entre dois pontos quaisquer da onda de ultra-som é analisada, quando uma sonda de microfone é conectada ao canal A e o comutador S2 é ajustado para ⎓.

6.4 Registro de isofases ou determinação do comprimento de onda com a caneta de ultra som

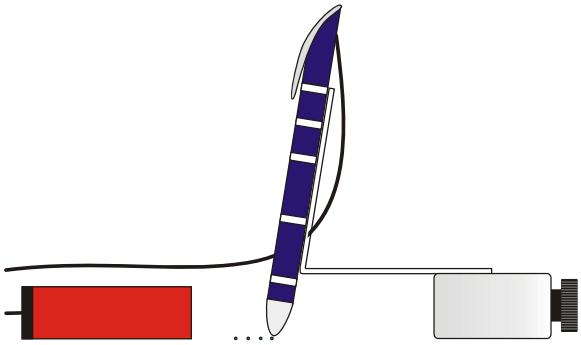


Fig. 3 Arranjo da caneta de ultra-som sobre a placa de trabalho e arranjo para a fonte de som

Necessário:

1 Eletrônica para a operação, incl. Fonte de alimentação

1 Emissor de ultra-som de 40 kHz

1 Caneta de ultra som

- Utilizar uma folha de papel como base.
- Para a alimentação de corrente do aparelho para a operação conectar a fonte de alimentação fornecida.
- Conectar o emissor de ultra som, por exemplo, ao gerador G1.
- Conectar a caneta de ultra-som no canal A e montá-la no suporte de tal maneira, que a ponta tenha somente uma distancia de aprox. 1 mm para a base e apontá-la com o suporte para o emissor.
- Com o comutador S1 conectar o filtro passa-altos (≈) e ajustar o comutador S2 para o acoplamento do gerador G1 em ⎓.
- Deslocar a caneta de ultra som, de maneira que o indicador de fases ilumina no mínimo.
- Com um marcador fino marcar a posição da ponta da caneta de ultra-som sobre o papel.

Para o registro de isofases:

- Deslocar a caneta de ultra-som atravessada para a direção da reflexão de tal maneira, para que o indicador de fases continua iluminando no mínimo. Nisto prestar atenção no arranjo para o emissor.
- Com um marcador fino marcar a nova posição da ponta da caneta de ultra-som sobre o papel.

Para a determinação do comprimento de onda:

- Deslocar a caneta de ultra-som na direção da reflexão, até que o indicador de fases volte a iluminar no mínimo.
- Com um marcador fino marcar a nova posição da ponta da caneta de ultra-som sobre o papel.

7. Experiências

7.1 Espelho de Lloyd

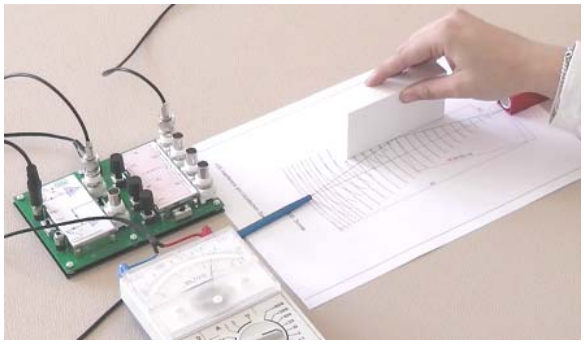


Fig. 4 Reflexão no espelho de Lloyd

Necessário:

1 Eletrônica para a operação, incl. fonte de alimentação

1 Emissor de ultra-som de 40 kHz

1 Sonda de microfone

1 Refletor

1 Cabo BNC/4 mm

Adicionalmente necessário:

1 Aparelho multímetro ESCOLA 10 1006810

- Para a alimentação de corrente do aparelho de operação conectar a fonte de alimentação fornecida.
- Conectar o emissor de ultra-som no gerador G1.
- Conectar a sonda de microfone no canal A e arranjá-la em alguma distância na frente do emissor.
- Conectar a saída do canal no multímetro (Faixa de medição: AC, 10 V).
- Com o comutador S1 conectar o filtro passa-altos (≈) e ajustar o comutador S2 em ⎓.
- Arranjar o refletor paralelamente para o feixe direto.
- Variar a distancia do refletor para o feixe direto e nisso prestar atenção à máxima e à mínima das amplitudes de som medidas.

Indicação: se a distancia entre o plano estendido e as superfícies de reflexão pelo emissor e receptor diminui, como por exemplo os valores da placa base determinados, assim podem sobrepor-se em forma destrutiva o feixe direto e o feixe refletido na superfície. Com o espelho de Lloyd a distancia mínima para este efeito pode ser determinada. O efeito não se apresentará mais, quando esta distancia não é mais alcançada por causa do arranjo imediato do emissor e receptor sobre a placa de trabalho.

7.2 Reflexão num espelho côncavo

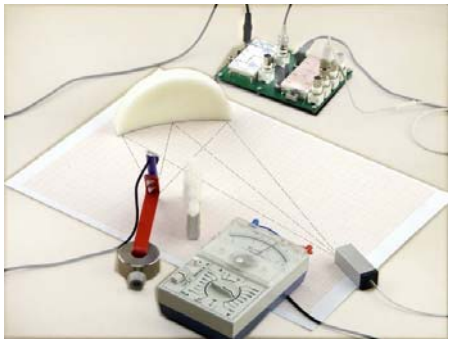


Fig. 5 Reflexão de um feixe de som divergente no espelho côncavo

Necessário:

1 Eletrônica para a operação, incl. fonte de alimentação

1 Emissor de ultra-som de 40 kHz

1 Caneta de ultra som, incl. suporte
ou

1 Sonda de microfone

1 Espelho côncavo

1 Absorvedor

1 Cabo BNC/4 mm

Adicionalmente necessário:

1 Aparelho multímetro ESCOLA 10 1006810

- Para a alimentação de corrente do aparelho de operação conectar a fonte de alimentação fornecida.
- Conectar o emissor de ultra-som no gerador G1.
- Conectar a caneta de ultra-som ou alternativamente a sonda de microfone no canal A e arranjá-la em alguma distância na frente do emissor.
- Conectar a saída do canal no multímetro (Faixa de medição: AC, 10 V).
- Com o comutador S1 conectar o filtro passa-altos (≈) e ajustar o comutador S2 em ⎓.
- Colocar o espelho côncavo e arranjar o emissor para a direção dele.
- Arranjar o refletor paralelamente para o feixe direto.
- Determinar a posição ótima do receptor através de construção geométrica e colocar a caneta de ultra-som ali.
- Deslocar a caneta de ultra-som de tal maneira, que o sinal do receptor se converta em máximo.

Indicação: o arranjo de emissor e receptor para o espelho côncavo é comparável com uma instalação de recepção caseira por satélite.

7.3 Difração num canto

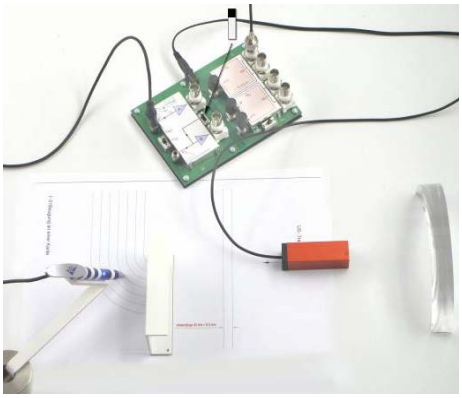


Fig. 6 Registro das isofases na difração de uma onda plana num canto

Necessário:

1 Eletrônica para a operação, incl. fonte de alimentação

1 Emissor de ultra-som de 40 kHz

1 Caneta de ultra som, incl. suporte

1 Espelho côncavo

1 Refletor

- Para a alimentação de corrente do aparelho de operação conectar a fonte de alimentação fornecida.
- Montar o espelho côncavo e marcar o ponto focal (largura de foco 100 mm).
- Conectar o emissor de ultra-som no gerador G1 e arranjá-lo sobre o ponto focal do espelho côncavo em direção para o espelho côncavo.
- Com o comutador S1 ligar o filtro de passa-altos (≈) e ajustar o comutador S2 para o acoplamento do gerador G1 em ⎓.
- Conectar a caneta de ultra-som no canal A e montá-lo no suporte de tal maneira que a ponta tenha apenas aprox. 1 mm de distancia para o modelo de trabalho.
- Colocar a caneta de ultra-som com suporte atrás do emissor e arranjá-la em direção do espelho côncavo.
- Deslocar a caneta de ultra-som de tal maneira, que se apague o indicador de fases e marcar a posição da caneta de ultra-som sobre o modelo de trabalho.
- Para o registro das frentes de ondas após da reflexão no espelho côncavo deslocar a caneta de ultra-som transversalmente para o eixo do feixe e marcar os pontos de luminosidade mínima do indicador de fases.
- Deslocar a caneta de ultra-som para a direção do feixe e registrar a próxima isofase.
- Montar o refletor como canto de difração e determinar através da difração as isofases modificadas.

Indicação: as isofases (os pontos de luminosidade mínima) correspondem a uma "fotografia instantânea" das frentes de onda. A distancia de duas isofases corresponde a um comprimento de onda.

7.4 Difração na fenda dupla

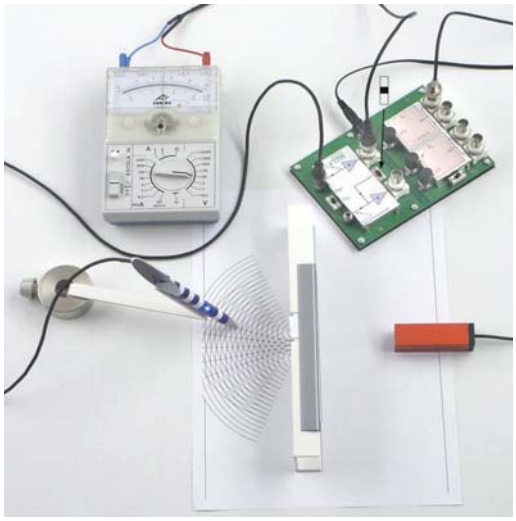


Fig. 7 Difração na fenda dupla

Indicação: Nas duas fendas produzem-se em cada uma novas frentes de onda circulares, que foram pré-desenhadas na distancia de meio comprimento de onda no modelo. Seus pontos de interseção formam linhas (hipérboles) de interferência destrutiva e construtiva.

Necessário:

1 Eletrônica para a operação, incl. fonte de alimentação

1 Emissor de ultra-som de 40 kHz

1 Caneta de ultra som, com suporte

1 Conjunto para fenda dupla

1 Absorvedor

1 Cabo BNC/4 mm

Adicionalmente necessário:

1 Aparelho multímetro ESCOLA 10 1006810

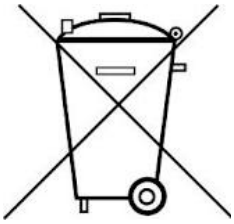
- Para a alimentação de corrente do aparelho de operação conectar a fonte de alimentação fornecida.
- Utilizar o modelo de trabalho.
- Montar a fenda dupla e cuidar da largura igual para as duas fendas (aprox. 5 mm).
- Conectar o emissor de ultra-som de 40 KHz no gerador G1 e arranjá-lo para o centro da fenda dupla.
- Com o comutador S1 ligar o filtro de passa-altos (≈) e ajustar o comutador S2 para o acoplamento do gerador G1 em ⎓.

- Conectar a caneta de ultra-som no canal A e montá-lo no suporte de tal maneira que a ponta tenha apenas aprox. 1 mm de distancia para o modelo de trabalho.
- Colocar a caneta de ultra-som com suporte atrás da fenda dupla sobre uma frente de onda pré-desenhada.
- Deslocar o emissor de ultra-som em direção do feixe, até que se apague o indicador de fases.
- Através do deslocamento da caneta de ultra-som e fazer o delineado das frentes de onda desenhadas no modelo de trabalho.
- Colocar a caneta de ultra-som sobre um ponto de uma hipérbole azul, arranjá-la com o devido cuidado para o centro da fenda dupla e identificar uma oscilação mínima do ponteiro no multímetro como sendo o mínimo de difração.
- Deslocar a caneta de ultra-som paralelamente para a fenda dupla e buscar a difração máxima e difração mínima.
- Colocar a caneta de ultra-som sobre um ponto de uma hipérbole azul, arranjá-la com o devido cuidado para o centro da fenda dupla e identificar uma oscilação mínima do ponteiro no multímetro como sendo o mínimo de difração.

Indicação: se a caneta de ultra-som encontra-se na posição de um primeiro mínimo de difração, então se pode aumentar claramente a intensidade no lugar de medição através da cobertura da primeira ou da segunda fenda. Com a ajuda de um osciloscópio pode ser demonstrado adicionalmente, que as curvas de medição correspondentes da primeira e da segunda fenda estão deslocadas em igual amplitude por 180°.

8. Eliminação de resíduos

No caso eventual de sucateamento o aparelho não pertence no lixo caseiro normal!



- Eliminar a embalagem e os componentes num posto de reciclagem local.

© Copyright 2012 3B Scientific GmbH