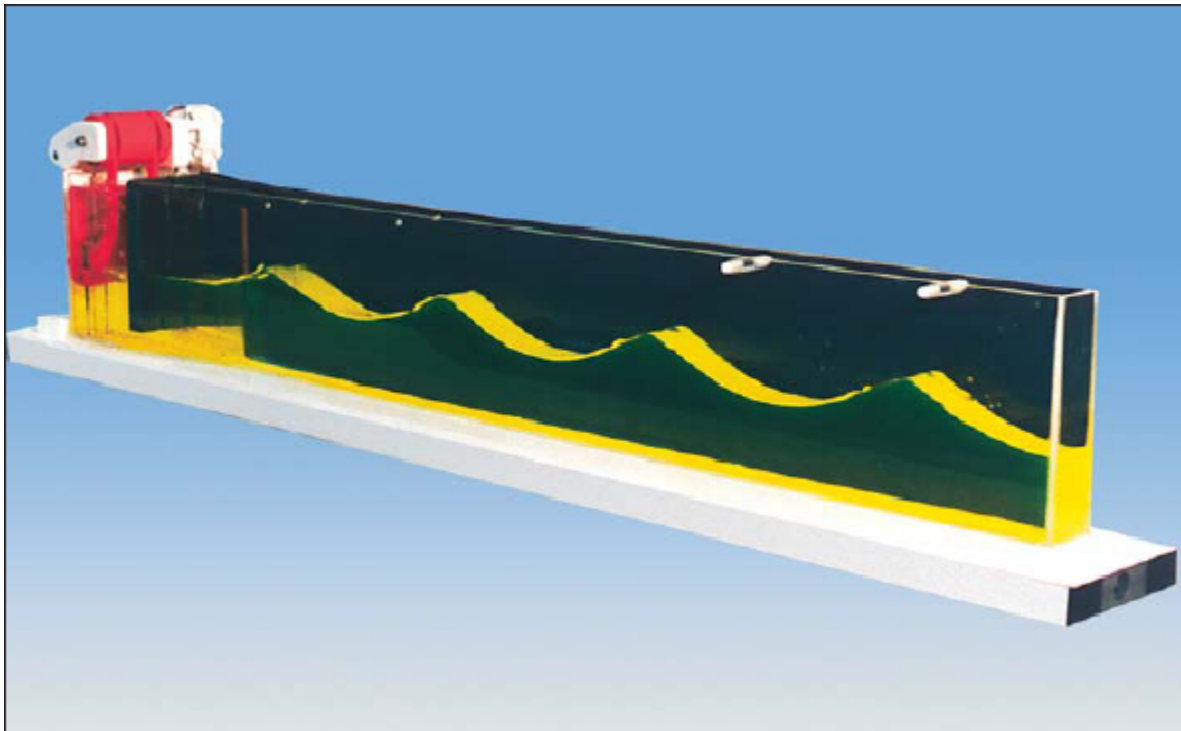


Wasserwellenkanal 1000807

Bedienungsanleitung

05/12 ELWE/ALF



1. Beschreibung

Der Wasserwellenkanal dient der Demonstration und Untersuchung von Oberflächenwellen in Wasser.

Er besteht aus einer großen durchsichtigen Küvette, die zu 2/3 mit Wasser gefüllt wird. Im kurzen, V-förmigen Teil werden die Wellen erzeugt, im I-förmigen Teil werden sie untersucht. Zur Erzeugung der Wellen ist am Ende des V-förmigen Kanals ein Motor mit Getriebe angebracht. Er treibt zwei Tauchkörper an, die sich im Wasser auf und ab bewegen. Jeder Tauchkörper erzeugt in einem Teil des V-förmigen Kanals eine Welle. Je nach der Einstellung an der Erregerwelle können sich die beiden Tauchkörper gleichsinnig oder gegensinnig bewegen. Die Frequenz der Wellen kann durch

Verändern der Betriebsspannung des Motors variiert werden.

In den beiden Teilkanälen befindet sich je ein Rahmen mit einem Vlies, den die Wellen durchdringen müssen. Dadurch wird ein weitgehend sinusförmiger Verlauf erreicht. Danach treten sie in den I-förmigen Teil des Kanals ein und bewegen sich bis zu dessen Ende. Ist am Ende dieses Kanals der dämpfende Rahmen mit Vlies eingeschoben, so werden sie weitestgehend absorbiert. Dadurch tritt im Kanal das Bild einer sich ausbreitenden Welle auf. Ist der Absorber nicht eingeführt, so werden die Wellen am hinteren Ende des I-förmigen Kanals reflektiert.

Bei kurzer Einschaltzeit des Motors entsteht ein Wellenzug, der nach Durchlaufen des Kanals und

nach der Reflexion wieder zum Erreger zurückkehrt. Bei Dauerbetrieb des Motors überlagern sich die ankommende und die reflektierte Welle, und es tritt das Bild einer stehenden Welle auf.

Wird die am Ende des I-Kanals absorbierte Welle von nur einem Wellenerreger erzeugt (Verschließen des zweiten Teilkanals), so ist ihre Amplitude klein. Gelangen beide Teilwellen in den I-förmigen Teil des Kanals, so nimmt die Amplitude zu.

Durch Einfügen der Trennplatte in den Übergangsbereich vom V-förmigen zum I-förmigen Kanal verlaufen die beiden Teilwellen auch im I-förmigen Kanal noch getrennt und können in ihrer Bewegung miteinander verglichen werden. Werden die beiden Wellenerreger gegensinnig betrieben, so ist im Bereich der eingeschobenen Glasplatte deutlich die Phasenverschiebung von $\lambda/2$ zu erkennen. Die Überlagerung dieser Teilwellen führt dazu, dass nach ihrem Eintreten in den hinteren Teil des I-Kanals weitestgehend Auslöschung auftritt.

Mit dem Wasserwellenkanal sind Experimente zu folgenden Schwerpunkten möglich:

Erzeugung einer nichtperiodischen Welle

Erzeugung einer periodischen Welle

Nachweis, dass Wellen Energie, aber keinen Stoff transportieren

Phasen- und Gruppengeschwindigkeit einer Welle

Bestimmung der Phasengeschwindigkeit

Demonstration des Zusammenhangs zwischen Frequenz und Wellenlänge

Reflexion einer Welle

Stehende Wellen

Phasengleiche Überlagerung von Wellen

Überlagerung von Wellen mit einer Phasenverschiebung von $\lambda/2$

1.1 Zubehör

- 2 Rahmen mit Vlies zur Homogenisierung der Wellen (Primärabsorber)
- 1 Rahmen mit Vlies zur Unterdrückung der Wellenreflektion am Kanalende (Sekundärabsorber)
- 1 Dichtungsprofil zum zeitweiligen Verschließen eines V-förmigen Teilkanals
- 1 durchsichtige Trennplatte $40 \times 170 \times 6 \text{ mm}^3$ mit Distanzstücken zum Einführen in den I-förmigen Kanal
- 2 Schwimmerkugeln mit Faden zum Nachweis der Auf- und Abbewegung

1.2 Zusätzlich benötigte Geräte

- 1 Stromversorgungsgerät für Gleichspannung, 0 - 20 V, stufenlos stellbar
 - 1 Reflektorlampe
- Fluoreszein zum Anfärben des Wassers

2. Technische Daten

Betriebsspannung Motor:	12 V DC
Abmessungen:	$1500 \times 150 \times 290 \text{ mm}^3$
Gewicht:	ca. 12,6 kg

3. Bedienung

- Den Wasserwellenkanal bis zur markierten Höhe mit Wasser füllen, dem etwas Fluoreszein zugesetzt wurde (Fig. 1).
- Die Beleuchtung mit der Reflektorlampe erfolgt schräg von oben, so dass die Wasseroberfläche als fluoreszierende Schicht erscheint.
- Den Motor mit dem Stromversorgungsgerät verbinden.
- In die beiden Teilkanäle des V-förmigen Teils je einen Primärabsorber einschieben.
- Am hinteren Ende des I-förmigen Teils den Sekundärabsorber so einführen, dass die Wellen an der Oberfläche sehr flach auf ihn auflaufen.
- Den Motor einschalten.

Es entsteht das Bild einer sich ausbreitenden Welle.

Um die Phasenlage der beiden Teilwellen zu verändern, wird eine der Walzen auf der Erregerwelle um 180° verdreht, bis sie einrastet.

Die Spannung für den Motor kann kurzzeitig bis etwa 13 V erhöht werden. Die Stromstärke ist kleiner als 0,5 A. Der Motorschalter besitzt 3 Stellungen. In der Mittelstellung ist der Motor abgeschaltet. Betätigt man den Schalter nach der einen Seite, so wird der Motor eingeschaltet (Dauerbetrieb). Betätigt man den Schalter nach der anderen Seite, so arbeitet der Motor nur so lange, wie der Schalter gedrückt wird. Auf diese Weise können kurze Wellenlängen erzeugt werden.

- Nach dem Experimentieren unter den hinteren Teil des I-förmigen Kanals einen Wassereimer unterstellen.

Zur Entleerung des Wasserwellenkanals ist ein fest mit dem Kanalinneren verbundener Ablaufschlauch vorgesehen.

Der Schlauch aus ermüdungssicherem Kunststoff befindet sich in der kleinen Aufbewahrungsbox am Kanalende (hinter der grauen Verschlussplatte).

- Zum Entnehmen des Wassers den Schlauch vorsichtig (das eine Ende ist fest mit einem Anschlussstutzen verbunden) aus der Box nehmen.
- Das freie Ende durch leichtes Straffen bis zum Ablaufgefäß führen.

Das Wasser entläuft selbständig.

- Nach erfolgter Entleerung den Schlauch wieder zickzackförmig zusammenlegen und in die Box zurückschieben.

4. Versuchsbeispiele

4.1 Erzeugung einer nichtperiodischen Welle

- Zunächst eine gleichphasige Bewegung der beiden Erreger einstellen.
- Am Ende des I-förmigen Teils des Wellenkanals den Absorber einschieben.
- Den Motor etwa 1 s lang einschalten.

Es entsteht ein kurzer Wellenzug, der sich durch den Wellenkanal bewegt (Fig. 2).

4.2 Erzeugung einer periodischen Welle

- Den Motor für längere Zeit einschalten.

Es entsteht eine fortschreitend periodische Welle, die vom Erreger bis zum hinteren Ende des I-Kanals verläuft.

4.3 Nachweis, dass Wellen Energie, aber keinen Stoff transportieren

- Im mittleren Teil des I-förmigen Kanals an verschiedenen Stellen die beiden Schwimmerkugeln mit ihren Fäden an der Kanalwandung befestigen.
- Den Motor kurzzeitig einschalten.

Wenn die Kugeln von dem Wellenzug getroffen werden, bewegen sie sich wie die Wasserteilchen rhythmisch auf und ab. Nach der Weiterbewegung des Wellenzuges befinden sich die Kugeln noch an der gleichen Stelle.

4.4 Bestimmung der Phasengeschwindigkeit einer Welle

- Bei laufendem Motor die Zeit messen, die ein Wellenberg braucht, um von der Eintrittsstelle in den I-förmigen Kanal bis zum Absorber zu gelangen.

Die Geschwindigkeit wird als Quotient aus Weg und Zeit berechnet.

4.5 Zusammenhang zwischen Frequenz und Wellenlänge

- Den Motor zunächst mit einer geringen Spannung betreiben.
- Die Wellenlänge abschätzen.
- Danach die Frequenz des Motors vergrößern und erneut die Wellenlänge ermitteln.
- Das Experiment mit noch größerer Drehzahl des Motors wiederholen.

Je größer die Frequenz der Welle ist, umso kleiner ist die Wellenlänge.

4.6 Reflexion der Wasserwelle

- Den Sekundärabsorber im hinteren Teil des I-Kanals entfernen.
- Den Wellenerreger etwa 1 s lang einschalten.

Es entsteht ein kurzer Wellenzug, der sich bis zum Ende des I-Kanals bewegt. Dort wird er reflektiert und verläuft zurück zum Wellenerreger.

4.7 Phasengeschwindigkeit und Gruppengeschwindigkeit

- Den Wellenerreger etwa 2 s lang einschalten.

Es ist deutlich zu erkennen, dass sich die Wellenberge mit größerer Geschwindigkeit zum Ende des I-Kanals bewegen und nach der Reflexion von dort zum Wellenerreger zurück als die gesamte Wellengruppe.

4.8 Stehende Wellen

- Den Motor einschalten.

Die Welle wird am Ende des I-Kanals reflektiert. Die reflektierte Welle überlagert sich mit der ankommenden Welle. Es entsteht eine stehende Welle. Durch geringfügiges Ändern der Motordrehzahl kann ein überzeugendes Bild einer stehenden Welle eingestellt werden.

4.9 Phasengleiche Überlagerung der Wellen

- Den Wellenabsorber wieder am hinteren Ende des I-Kanals einschieben.
- Den Motor einschalten.
- Zunächst den Ausgang eines Teilkanales mit dem Dichtungsprofil verschließen.
- Nach dem Eintreten der Welle in den I-Kanal ihre Amplitude bestimmen (Fig. 3).
- Danach den zweiten Teilkanal wieder frei geben und erneut die Amplitude an der gleichen Stelle ermitteln.

Sie ist jetzt um den Faktor $\sqrt{2}$ größer als im ersten Falle (Fig. 4).

4.10 Überlagerung der Wellen bei einer Phasenverschiebung von $1/2$

- Eine Muffe auf der Erregerwelle so verdrehen, dass sich die Erreger gegensinnig bewegen.
- In den Bereich des Übergangs vom V-förmigen in den I-förmigen Teil die Trennplatte einführen.
- Den Motor einschalten.

Im Bereich der Trennplatte ist deutlich die phasenverschobene Lage der beiden Teilwellen zu erken-

nen. Im I-förmigen Teil des Kanals, der nicht durch die Platte getrennt ist, treffen die beiden Teilwellen zusammen und löschen sich aus (Fig. 1).

Die Tatsache, dass sich im Bereich des Kanals mit Trennplatte stehende Wellen ausbilden, ist auf die Reflexion der Teilwellen hinter der trennenden Platte zurückzuführen. Schaltet man den Erreger nur kurzzeitig ein, so ist zu erkennen, dass sich die beiden Teilwellen bis zur Überlagerungsstelle bewegen. Dort werden sie in den beiden Kanälen zurück reflektiert.

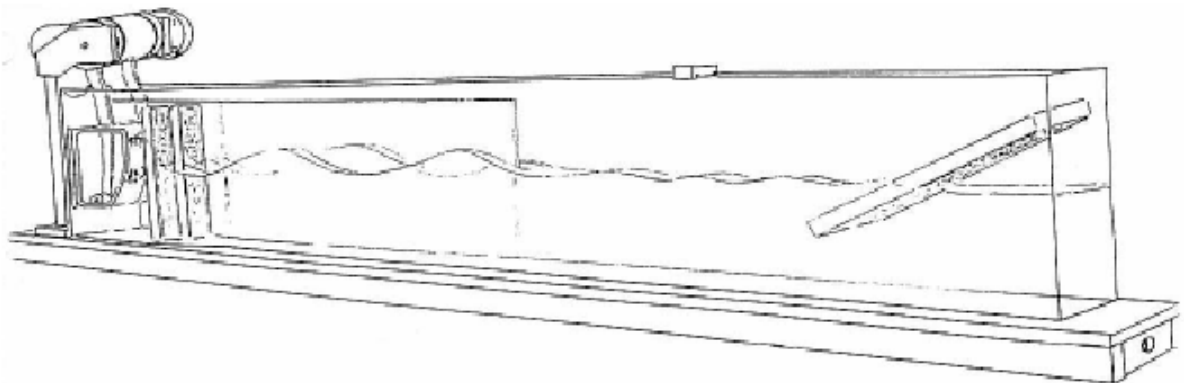


Fig. 1 Aufbau des Wellenwannenkanals

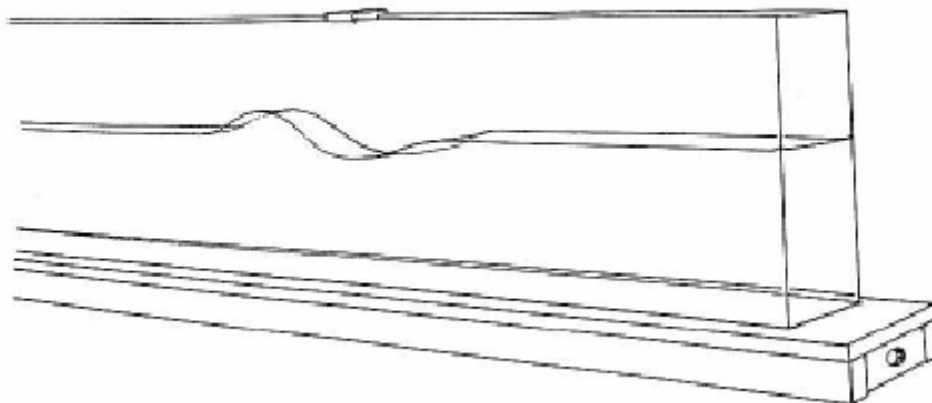


Fig. 2 Erzeugung einer nichtperiodischen Welle

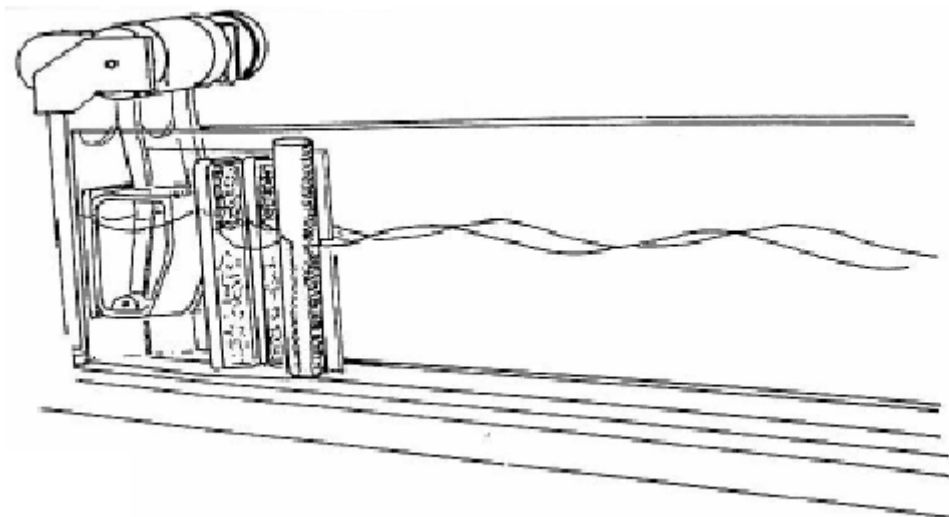


Fig. 3 Phasengleiche Überlagerung der Wellen

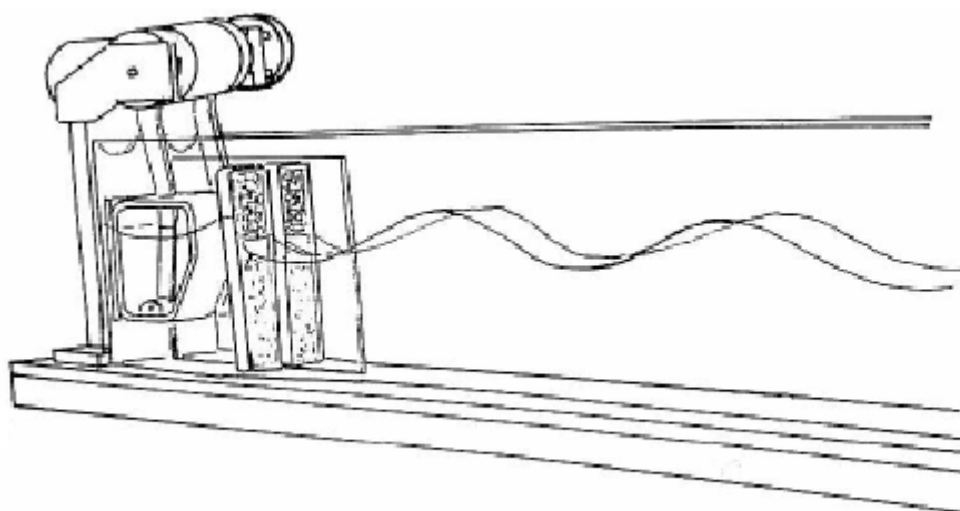
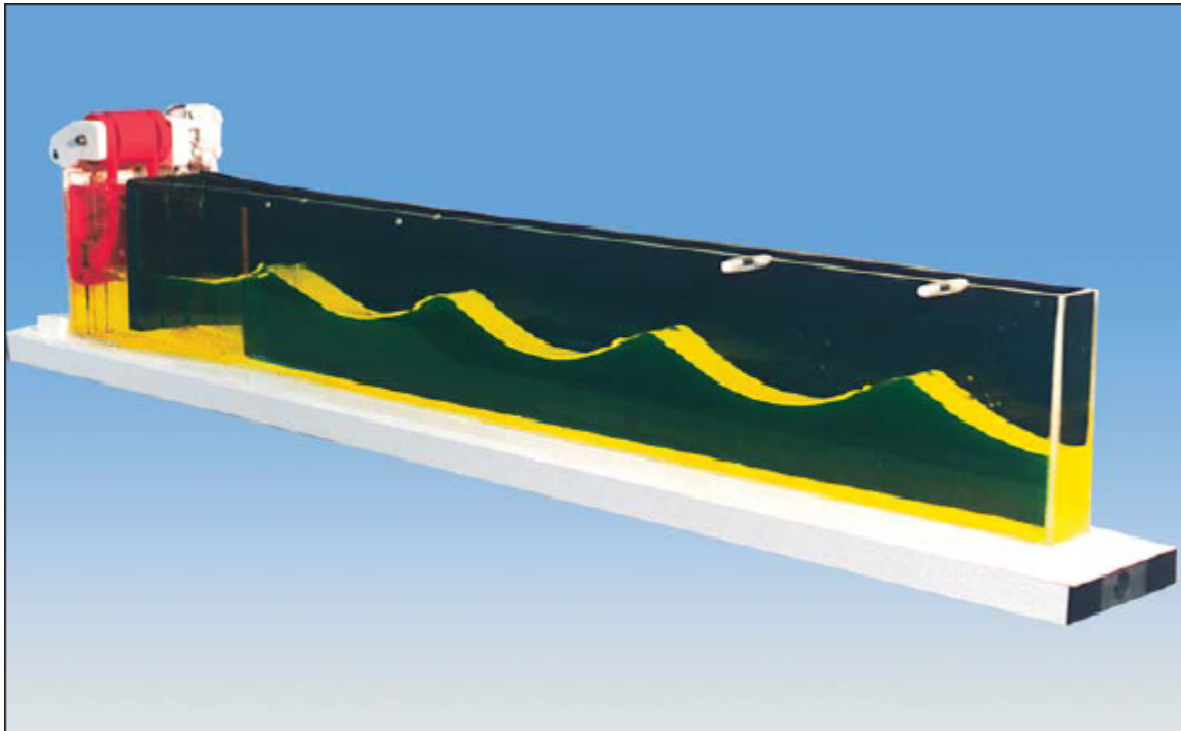


Fig. 4 Phasengleiche Überlagerung der Wellen

Water Wave Channel 1000807

Instruction sheet

05/12 ELWE/ALF



1. Description

The water wave channel serves for the demonstration and investigation of surface waves in water.

It consists of a large transparent oblong trough, which is two-thirds filled with water.

The waves are produced in the short V-shaped section and studied in the I-shaped section. For the generation of the waves a motor with transmission is attached at the end of the V-shaped channel. It propels two wave exciters, which move up and down in the water. Each exciter produces a wave in a section of the V-shaped channel. Depending upon the setting, the two exciters can move in the same direction or in contra motion. The frequency of these waves can be varied by changing the operating voltage of the motor.

In both partial channels there is a frame with a fleece directly in front of the wave exciters which the waves must pass through. Thus to a large extent a sinusoidal process is achieved. Then the waves enter the I-shaped part of the channel and move along to its end. If the absorbing frame with fleece is introduced at the end of this channel, then they are dissipated as far as possible. Thus a continuous wave pattern develops in the channel. If the absorber is not inserted, the waves travel to the end of the I-shaped channel and are reflected.

With a short switch-on time of the motor, a wave train develops which travels through the channel and is reflected and travels back towards the exciter. With continuous operation of the motor the arriving and the reflected waves overlap, producing an image of a motionless standing wave.

If the wave absorbed at the end of the I-channel is produced by only one wave exciter (by blocking the second partial channel), then its amplitude is small. If both partial waves arrive into the I-shaped part of the channel, then the amplitude increases.

By inserting the separator into the transient area between the V-shaped channel and the I-shaped channel, the two partial waves run separately in the I-shaped channel and their motions can be compared with one another. If the two wave exciters are operated in contra motion then the phase shift from $\lambda/2$ can be clearly observed in the area of the inserted glass plate. The overlap of these two partial waves leads to the fact that after they enter the rear part of the I-channel they cancel each other out to the greatest extent possible.

The following experiments can be carried out with the water wave channel:

- Production of a non-periodic wave
- Production of a periodic wave
- Proof that waves transport energy, but not material
- Phase and group velocity of a wave
- Determination of the phase velocity
- Demonstration of the relationship between frequency and wavelength
- Reflection of a wave
- Standing waves
- Same-phase overlapping of waves
- Overlapping of waves with a phase shift of $\lambda/2$

1.1 Accessories

- 2 Frames with fleece for the homogenisation of the waves (primary absorber)
- 1 Frame with fleece for the suppression of the wave reflection at the end of the channel (secondary absorber)
- 1 Tube for the temporary blocking of a partial channel
- 1 Transparent separator 40x170x6 mm³ with spacer pieces for inserting into the I-shaped channel
- 2 Plastic balls with thread for the proving the up and down movement

1.2 Additionally required apparatus

- 1 Power supply unit for DC voltage, 0 ... 20 V, continuously variable
 - 1 Reflector lamp
- Fluoreszein for colouring the water

2. Technical data

Operating voltage of motor:	12 V DC
Dimensiones:	1500 mm x 150 mm x 290 mm
Mass:	approx. 12.6 kg

3. Operation

- Fill up the water wave channel to the marked height with water, to which some fluoreszein has been added (fig. 1).
- The lighting with the reflector lamp takes place diagonally from above, so that a fluorescent layer appears on the water surface.
- Connect the motor to the power supply unit.
- Into the two partial channels of the V-shaped part, a conical frame with fleece is introduced.
- At the end of the I-shaped part, the absorber frame with fleece is introduced at such an angle that the waves at the surface travel very flatly over it.
- Switch on the motor.

The image of a spreading wave develops.

In order to change the phase position of the two partial waves, one of the rollers on the wave exciter is rotated through 180° until it engages.

The voltage for the motor can be increased briefly to approximately 13 V. The amperage is smaller than 0.5 A. The switch for the motor has three positions. In the middle position the motor is switched off. When pressed to one side, the motor is switched on and remains on until the switch is returned to the off position (continuous mode). When pressed in the other direction, the motor is switched on and remains on only whilst pressure is maintained (pulse mode). In this mode short wavelengths can be produced.

- When the experiments are completed put a water bucket under the end of the I-shaped channel.

To empty the channel a fatigue proof plastic tube connected to the channel inside is stored in the grey box at the end of the channel.

- To drain the water, carefully take the tube out of the box (one end is fixed to the drain nozzle).
- Slightly stretch the tube and place the free end into the bucket.

The water will be drained automatically.

- After draining the channel fold the tube in its original zigzag configuration and push it back into the box.

4. Sample experiments

4.1 Generation of a non-periodic wave

Firstly, adjust both exciters so as to produce the same phase movement.

- Introduce the absorber frame at the end of the I-shaped part of the wave channel.
- Switch on the motor for approx. 1 s.

A short wave train develops which moves through the wave channel (fig. 2).

4.2 Generation of a periodic wave

- Switch on the motor for a longer time.

A progressive periodic wave develops at the exciter and travels to the end of the I-channel.

4.3 Proving that waves transport energy, but not material

- Attach the two plastic balls in the middle part of the I-shaped channel by their threads to different places on the channel wall.
- Switch on the motor briefly

When the balls are met by the wave train, they move rhythmically over and back like the water particles. After the wave train moves through, the balls are still in the same position.

4.4 Determining the phase velocity of a wave

- Measure the time which a wave peak needs to travel from the entrance of the I-shaped channel to the absorber with motor running.

The speed is calculated as a quotient of distance and time.

4.5 Relationship between frequency and wavelength

- First operate the motor with a low voltage.
- Measure the wavelength.
- Then increase the frequency of the motor and again determine the wavelength.
- Repeat the experiment with a still greater number of revolutions of the motor.

The greater the frequency of the wave, the smaller is the wavelength.

4.6 Reflection of the water wave

- Remove the absorber frame from the end of the I-channel.
- Switch on the motor for approx. 1 s.

A short wave train develops, which moves up to the end of the I-channel. There it is reflected and travels back towards the wave exciter.

4.7 Phase velocity and group velocity

- Switch on the motor for approx. 2 s.

It is clearly visible that the wave peaks move with greater speed to end of the I-channel and after the reflection, from there towards the wave exciter than the entire group of waves.

4.8 Standing waves

- Switch on the motor.

The wave is reflected at the end of the I-channel. The reflected wave overlaps with the arriving wave. A standing wave develops. A convincing image of a standing wave can be achieved with a slight adjustment of motor speed.

4.9 Same-phase overlapping of waves

- Introduce the wave absorber again at the end of the I-channel.
- Switch on the motor.
- First block the exit of the partial channels with the cylindrical body.
- Determine the amplitude of the wave after it enters the I-channel (fig. 3).
- Open the second partial channel again and determine the amplitude again at the same location.

It is now greater than in the first instance by a factor of $\sqrt{2}$. (fig. 4).

4.10 Overlap of waves with a phase-shift of 1/2

- Rotate the sleeve on the exciter paddle in such a way that the exciters move in contra-motion.
- Introduce the separator plate into the area between the V-shaped section and the I-shaped section.
- Switch on the motor.

Where the separator is situated, the out of phase situation of the two partial waves is clearly visible. In the I-shaped part of the channel which is not separated by the plate, the two partial waves meet and cancel each other out (fig. 1).

The fact that standing waves are formed in the area of the channel with the separator plate is to be due to the reflection of the partial waves behind the separating plate. If the exciter is only switched on briefly, then it is noticed that the two partial waves move up to the overlapping position. There they are then reflected back into both channels.

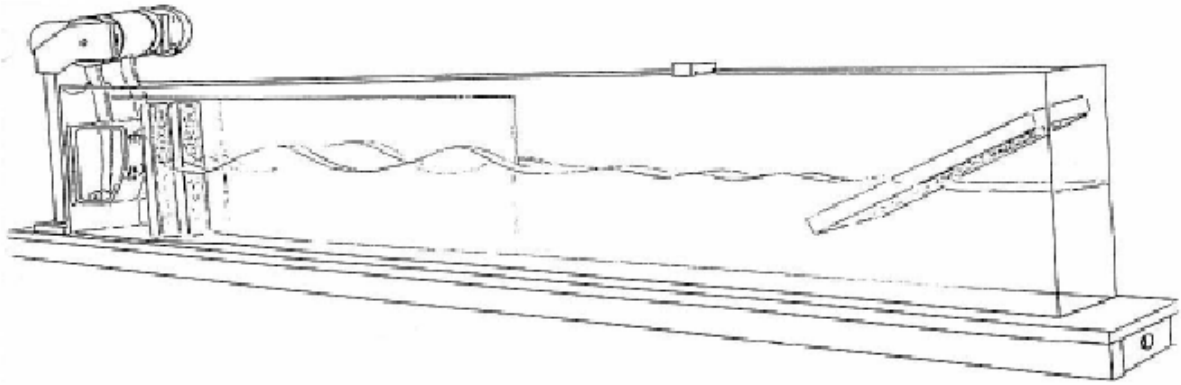


Fig. 1 Experimental set-up of the wave channel

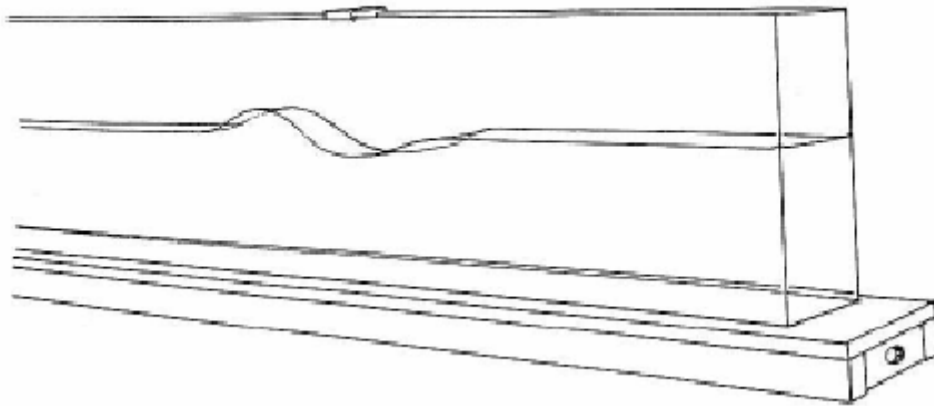


Fig. 2 Generation of a non-periodic wave

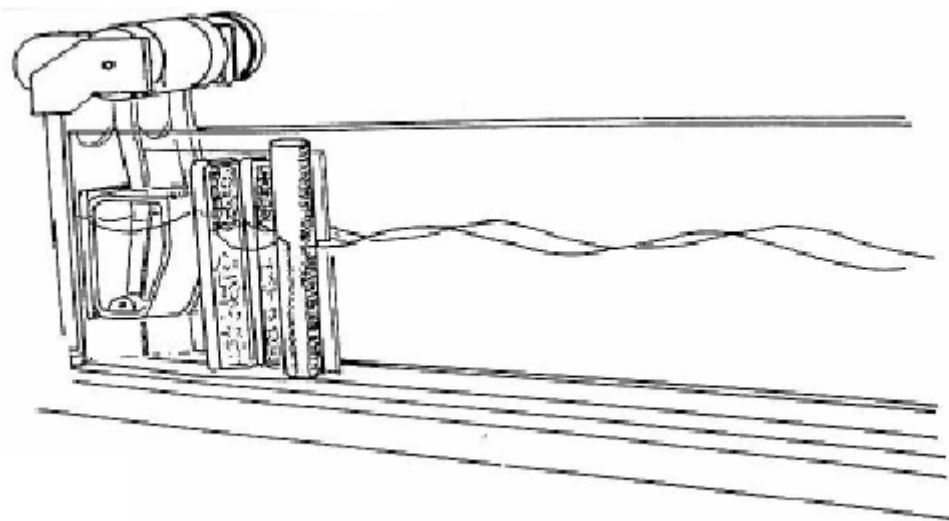


Fig. 3 Same-phase overlapping of waves

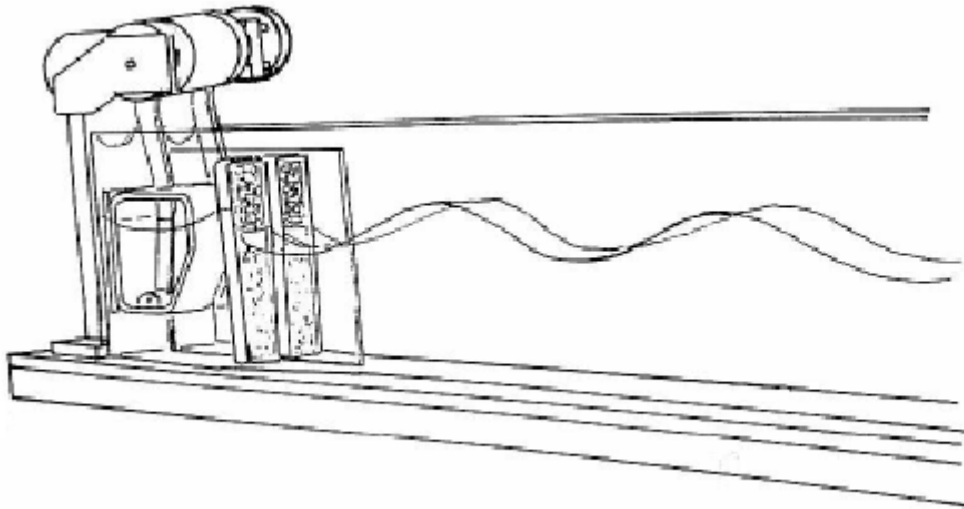
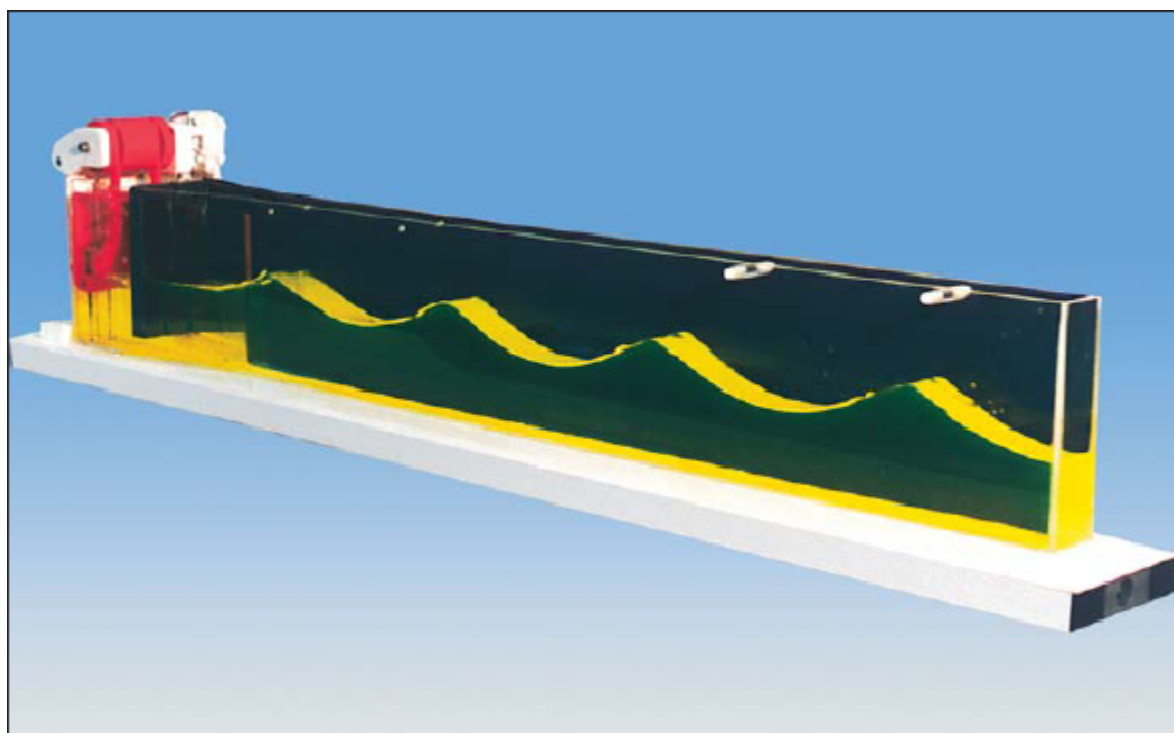


Fig. 4 Same-phase overlapping of waves

Canal de vagues 1000807

Instructions d'utilisation

05/12 ELWE/ALF



1. Description

Le canal de vagues permet de démontrer et d'étudier les ondes à la surface de l'eau.

Il est constitué d'une grande cuvette transparente remplie au 2/3 d'eau. Dans la partie courte en V sont générées des ondes qui seront étudiées dans la partie en I. Les ondes sont générées par un moteur à transmission placé à l'extrémité du canal en V. Ce moteur entraîne deux corps plongeants qui montent et descendent dans l'eau. Chacun de ces corps plongeants génère une onde dans une partie du canal en V. Selon le réglage de l'arbre exciteur, les deux corps plongeants peuvent se déplacer dans le même sens ou dans un sens opposé. Pour varier la fréquence des ondes, il suffit de modifier la tension de service du moteur.

Les deux parties du canal renferment un cadre avec une toile que doivent traverser les ondes. On obtient ainsi une allure de forme sinusoïdale. Ensuite, elles traversent complètement la partie en I du canal. Si le cadre amortissant se trouve au bout de ce canal, elles sont presque entièrement absorbées. Dans le canal, on observe alors une onde qui se propage. Si l'absorbant n'est pas installé, les ondes sont réfléchies au bout du canal en I.

Une brève mise en service du moteur produit un train d'ondes qui, après avoir traversé le canal et été réfléchi, retourne vers l'excitateur. En cas de fonctionnement permanent du moteur, les ondes qui arrivent et les ondes qui sont réfléchies se superposent, offrant ainsi l'image d'une onde stationnaire.

Si l'onde absorbée à l'extrémité du canal en I n'est générée que par un excitateur (fermeture du second canal partiel), son amplitude est faible. Si les deux ondes partielles accèdent dans la partie en I du canal, l'amplitude augmente.

Par l'insertion de la plaque de séparation dans la zone de transition entre le canal en V et le canal en I, les deux ondes partielles restent séparées dans le canal en I et leur mouvement peut être comparé. Si les deux excitateurs sont opposés, on observe nettement le déphasage de $\lambda/2$ dans le périmètre de la plaque en verre. La superposition de ces deux ondes partielles a pour conséquence qu'elles disparaissent pratiquement lorsqu'elles pénètrent dans la partie arrière du canal en I.

Le canal de vagues permet de réaliser des expériences sur les thèmes principaux suivants :

Génération d'une onde non périodique

Génération d'une onde périodique

Démonstration que les ondes transportent de l'énergie, mais pas de matière

Vitesse de phases et de groupe d'une onde

Détermination de la vitesse de phases

Démonstration du rapport entre la fréquence et la longueur d'onde

Réflexion d'une onde

Ondes stationnaires

Superposition équiphase des ondes

Superposition d'ondes avec un déphasage de $\lambda/2$

1.1 Accessoires

- 2 cadres avec toile pour rendre les ondes homogènes (absorbeur primaire)
- 1 cadre avec toile pour supprimer la réflexion des ondes à la fin de canal (absorbeur secondaire)
- 1 profilé étanche pour fermer un canal en V des deux côtés
- 1 plaque de séparation transparente 40x170x6 mm³, avec pièces d'écartement permettant l'insertion dans le canal en I
- 2 flotteurs sphériques avec fils pour démontrer le mouvement ascendant et descendant

1.2 Appareils supplémentaires requis

- 1 alimentation électrique pour tension continue 0 - 20 V, à réglage continu
 - 1 lampe à réflecteur
- Fluorescéine pour colorer l'eau

2. Caractéristiques techniques

Tension d'alimentation du moteur :	12 V CC
Dimensions :	1500 mm x 150 mm x 290 mm ³
Poids :	ca. 12,6 kg

3. Manipulation

- Remplissez de l'eau dans le canal jus-qu'au repère, après avoir ajouté un peu de fluorescéine (fig. 1).
- Orientez la lampe de biais par le haut, de manière à ce que la surface de l'eau apparaisse comme une couche fluorescente.
- Reliez le moteur à l'alimentation électrique.
- Glissez un absorbeur primaire dans chacun des deux canaux partiels de la partie en V.
- A l'extrémité arrière de la partie en I, introduisez l'absorbeur secondaire de manière à ce que les ondes à la surface se déplacent à plat vers lui.
- Mettez le moteur en marche.

On observe une onde qui se propage.

Pour modifier la position de phase des deux ondes partielles, tournez l'un des rouleaux de l'arbre excitateur de 180°, jusqu'à ce qu'il se verrouille.

La tension pour le moteur peut être augmentée brièvement à environ 13 V. L'intensité du courant est inférieure à 0,5 A. L'interrupteur du moteur possède trois positions. En position centrale, le moteur est éteint. Lorsqu'on tourne l'interrupteur d'un côté, le moteur est en mode continu. Lorsqu'on le tourne de l'autre côté, le moteur ne marche que tant que l'interrupteur est actionné. On peut ainsi générer de courtes longueurs d'onde.

- Après l'expérience, placez un seau sous la partie arrière du canal en I.

Un tuyau d'écoulement fixé à l'intérieur du canal permet de vider ce dernier.

Fabriqué en plastique résistant à la fatigue, le tuyau se trouve dans une petite boîte de rangement à l'extrémité du canal (derrière la plaque de fermeture grise).

- Pour évacuer l'eau, retirez le tuyau avec précaution de la boîte (l'une des extrémités est reliée à une tubulure de raccordement).
- Tirez prudemment l'extrémité libre jus-qu'au récipient d'écoulement.

L'eau s'évacue toute seule.

- Ensuite, repliez le tuyau et remettez-le dans la boîte.

4. Exemples d'expériences

4.1 Génération d'une onde non périodique

- Tout d'abord, réglez un mouvement équi-phasé des deux excitateurs.
- Introduisez l'absorbeur à l'extrémité de la partie en I du canal.
- Mettez le moteur en marche pendant environ une seconde.

Il se forme un train d'ondes qui traverse le canal (fig. 2).

4.2 Génération d'une onde périodique

- Mettez le moteur en marche pendant un certain temps.

Il se forme une onde périodique se déplaçant de l'excitateur vers l'extrémité arrière du canal en I.

4.3 Démonstration que les ondes transportent de l'énergie, mais pas de matière

- Dans la partie centrale du canal en I, fixez les deux flotteurs sphériques avec leurs fils à différents endroits de la paroi du canal.
- Mettez le moteur brièvement en marche.

Lorsque les flotteurs sont touchés par le train d'ondes, ils montent et descendent comme les particules d'eau. Le train d'ondes a pour-suivi son chemin, mais les flotteurs sont toujours au même endroit.

4.4 Détermination de la vitesse de phases d'une onde

- Le moteur étant en marche, mesurez le temps qu'il faut à un sommet de l'onde pour passer de l'entrée dans canal en I jusqu'à l'absorbeur.

La vitesse est calculée comme quotient du parcours et du temps.

4.5 Rapport entre la fréquence et la longueur d'onde

- Faites marcher le moteur d'abord à faible tension.
- Évaluez la longueur d'onde.
- Puis, augmentez la fréquence du moteur et déterminez à nouveau la longueur d'onde.
- Répétez l'expérience avec une vitesse encore plus élevée du moteur.

Plus la fréquence de l'onde est élevée, plus la longueur d'onde est faible.

4.6 Réflexion de l'onde

- Retirez l'absorbeur secondaire de la partie arrière du canal en I.
- Mettez l'excitateur d'ondes en marche pendant environ une seconde.

Il se forme un train d'ondes qui se déplace vers l'extrémité du canal en I. Là, il est réfléchi et retourne vers l'excitateur.

4.7 Vitesse de phases et vitesse de groupe

- Mettez l'excitateur d'ondes en marche pendant environ deux secondes.

On observe nettement que les sommets se déplacent vers l'extrémité du canal en I et, après la réflexion, de nouveau vers l'excitateur à une vitesse plus élevée que tout le groupe d'ondes.

4.8 Ondes stationnaires

- Mettez le moteur en marche.

L'onde est réfléchi à l'extrémité du canal en I. L'onde réfléchi se superpose à l'onde qui arrive. Il se forme une onde stationnaire. Une légère modification de la vitesse du moteur permet d'obtenir la reproduction convaincante d'une onde stationnaire.

4.9 Superposition équiphasée des ondes

- Remettez l'absorbeur au bout du canal en I.
- Mettez le moteur en marche.
- Tout d'abord, refermez la sortie d'un canal partiel à l'aide du profilé étanche.
- Lorsque l'onde entre dans le canal en I, déterminez son amplitude (fig. 3).
- Puis, ouvrez de nouveau le second canal partiel et déterminez encore une fois l'amplitude au même endroit.

A présent, comparée au premier cas, elle est supérieure du facteur $\sqrt{2}$ (fig. 4).

4.10 Superposition des ondes avec un déphasage de 1/2

- Tournez un manchon sur l'arbre excitateur de manière à ce que les excitateurs se déplacent dans le même sens.
- Introduisez la plaque de séparation à hauteur du passage entre les parties en V et en I.
- Mettez le moteur en marche.

A hauteur de la plaque de séparation, on observe nettement la position déphasée des deux ondes partielles. Dans la partie en I du canal qui n'est pas

séparée par la plaque, les deux ondes partielles se rencontrent et s'an-nulent (fig. 1).

La formation des ondes stationnaires dans la zone du canal renfermant la plaque provient de la réflexion des ondes partielles derrière la plaque. Si l'on n'active que brièvement l'exci-tateur, on observe que les deux ondes par-tielles se déplacent jusqu'au point de super-osition. Là, elles sont réfléchies dans les deux canaux.

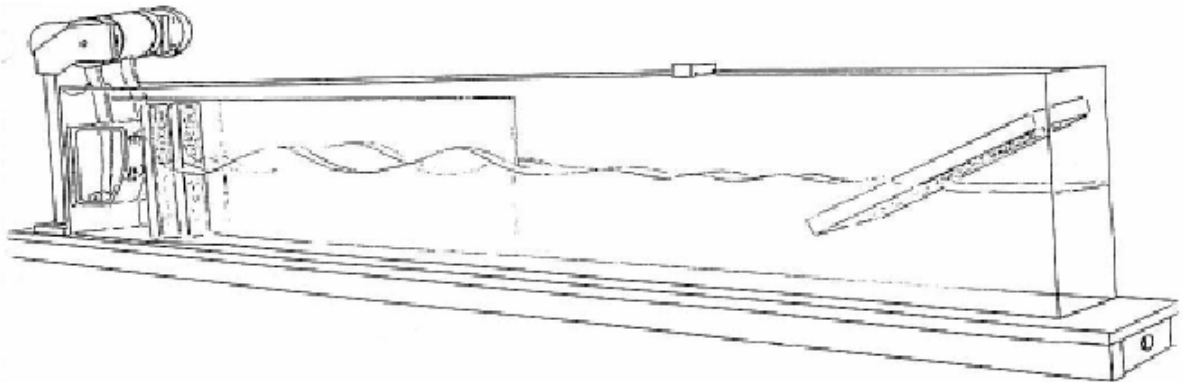


Fig. 1 Montage du canal de vagues

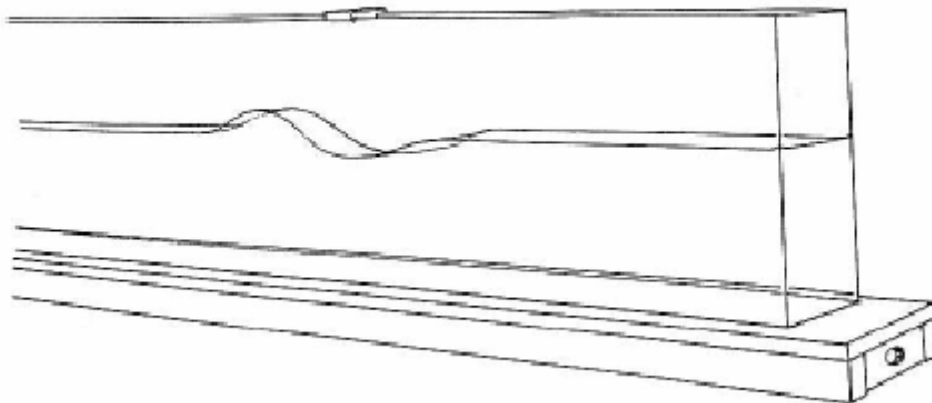


Fig. 2 Génération d'une onde non périodique

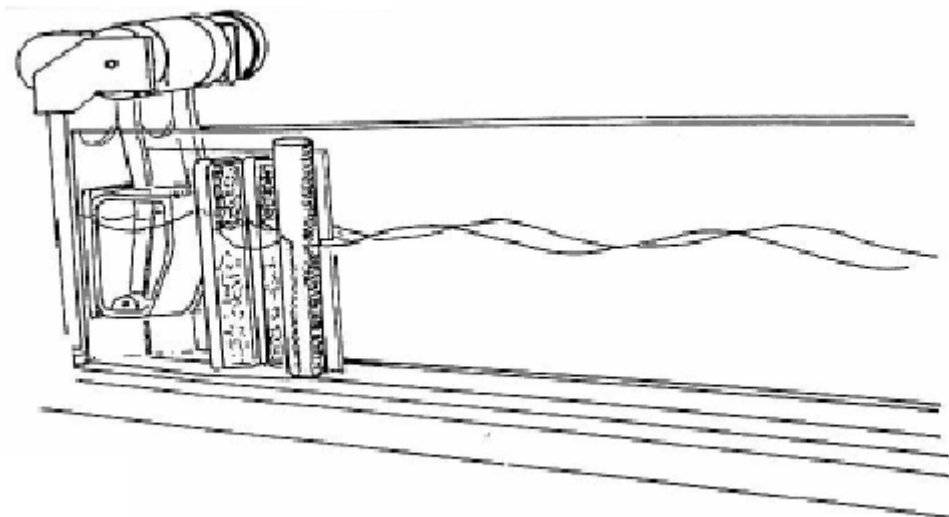


Fig. 3 Superposition équiphasée des ondes

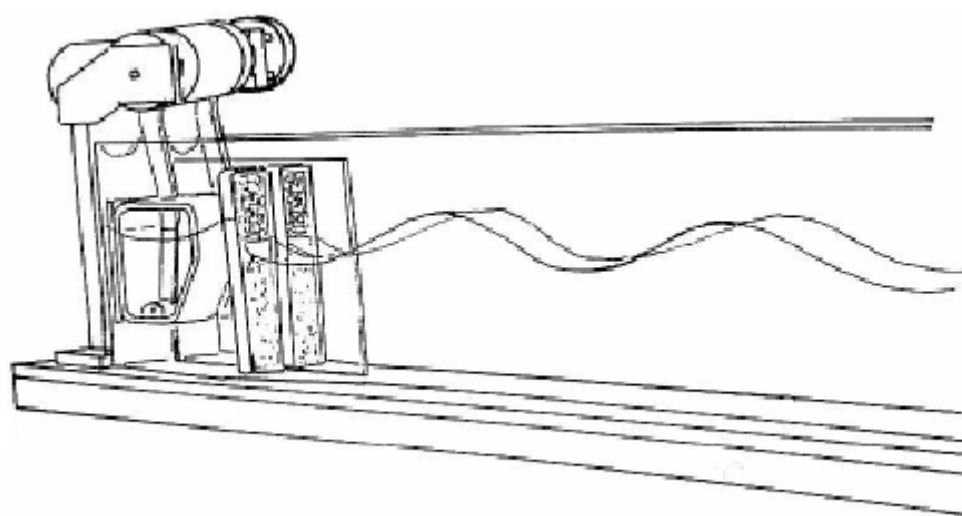
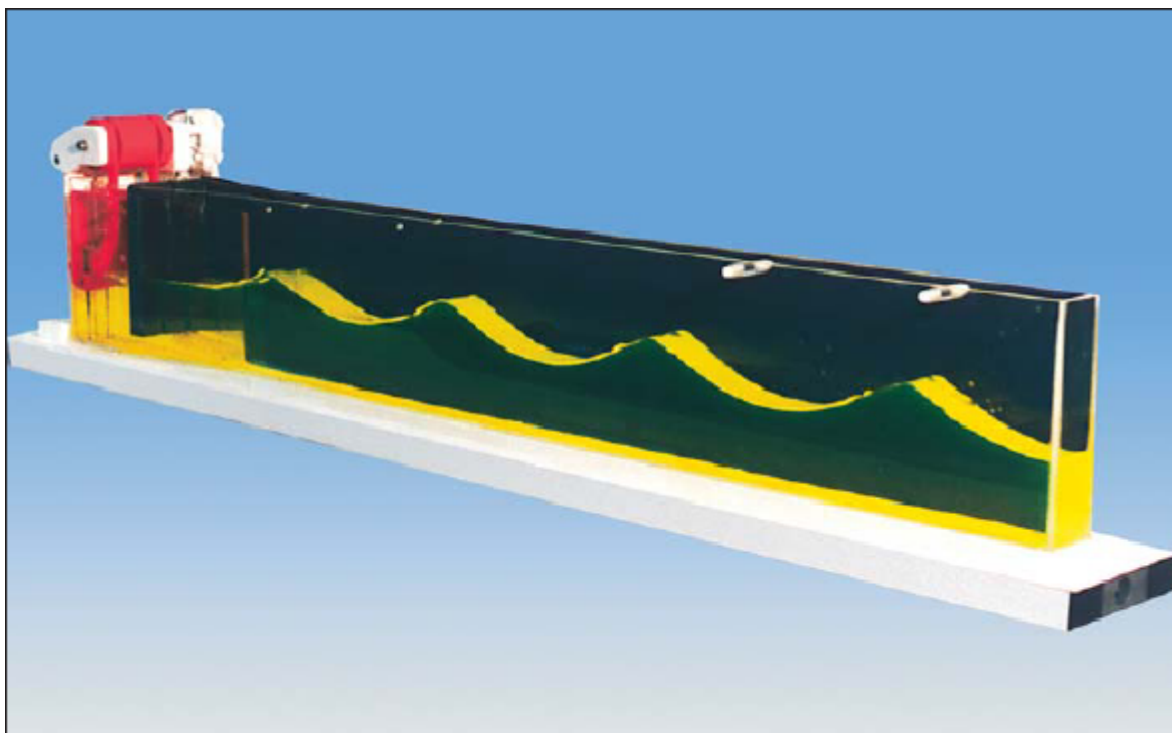


Fig. 4 Superposition équiphasée des ondes

Canale per le onde nell'acqua 1000807

Istruzioni per l'uso

05/12 ELWE/ALF



1. Descrizione

Il canale per onde d'acqua serve a dimostrare e ad esaminare le onde superficiali dell'acqua.

È costituito da una grande cuvetta trasparente, riempita per $2/3$ di acqua. Nella parte breve, a forma di V le onde vengono generate, mentre nella parte a forma di I vengono esaminate. All'estremità del canale a forma di V è installato un motore con trasmissione per la generazione delle onde. Il motore aziona due corpi da immersione, che si alzano e si abbassano nell'acqua. Ogni corpo da immersione genera un'onda in una parte del canale a forma di V. A seconda dell'impostazione dell'albero generatore, i due corpi da immersione possono muoversi nello stesso senso o in senso opposto. È possibile variare la frequenza delle onde, modificando la tensione di esercizio del motore.

In ciascuna delle due parti del canale a forma di V si trova un telaio con un non tessuto, che le onde devono attraversare. In questo modo si ottiene un andamento ampiamente sinusoidale. Quindi le onde entrano nel canale a forma di I e continuano fino alla sua fine. Se al termine del canale è inserito il telaio con non tessuto smorzante, le onde vengono il più possibile assorbite. In questo modo nel canale viene rappresentata la propagazione di un'onda. Se il materiale assorbente non è inserito, le onde vengono riflesse nell'estremità posteriore del canale a forma di I.

Con un intervallo di inserzione breve del motore viene generato un treno di onde che dopo avere attraversato il canale ed essere stato riflesso, ritorna al generatore. Con funzionamento continuo del motore, le onde generate si sovrappongono alle onde riflesse e viene rappresentata un'onda stazionaria.

Se l'onda che viene assorbita al termine del canale a forma di I è generata da un solo generatore (chiusura della seconda parte del canale), la sua ampiezza è piccola. Se entrambi le onde separate raggiungono il canale a forma di I, l'ampiezza aumenta.

Se si inserisce la piastra di separazione nell'area di passaggio dal canale a forma di V al canale a forma di I, le due onde separate continuano a scorrere in questo modo nel canale a forma di I e il loro movimento può essere confrontato. Se i due generatori di onde vengono azionati in senso opposto, nell'area in cui è stata introdotta la piastra di vetro si osserva chiaramente lo spostamento di fase di $\lambda/2$. La sovrapposizione delle due onde separate provoca per quanto possibile l'annullamento delle onde dopo l'ingresso nella parte posteriore del canale I.

Con il canale per onde d'acqua è possibile eseguire esperimenti con i seguenti obiettivi:

- Generazione di un'onda non periodica
- Generazione di un'onda periodica
- Dimostrazione che le onde trasportano energia ma non materia
- Velocità di fase e velocità di gruppo di un'onda
- Determinazione della velocità di fase
- Dimostrazione della correlazione tra frequenza e lunghezza d'onda
- Riflessione di un'onda
- Onde stazionarie
- Sovrapposizione di onde in fase
- Sovrapposizione di onde con uno spostamento di fase di $\lambda/2$

1.1 Accessori

- 2 Telaio con non tessuto per l'omogeneizzazione delle onde (materiale assorbente primario)
- 1 Telaio con non tessuto per sopprimere la riflessione delle onde alla fine del canale (materiale assorbente secondario)
- 1 Profilo di tenuta per la chiusura temporanea di una parte del canale
- 1 Piastra di separazione trasparente 40x170x6 mm³ con distanziatori per l'inserimento nel canale a forma di I
- 2 Sfere galleggianti con filo per la dimostrazione del movimento verso l'alto e verso il basso

1.2 Apparecchi ulteriormente necessari

- 1 Alimentatore di tensione continua, 0 - 20 V, regolazione continua
- 1 Riflettore

Fluoresceina per la colorazione dell'acqua

2. Dati tecnici

Tensione di esercizio motore:	12 V CC
Dimensioni:	1500 x 150 x 290 mm ³
Peso:	ca. 12,6 kg

3. Comandi

- Riempire il canale per onde d'acqua fino al livello segnato con acqua a cui è stata aggiunta un po' di fluoresceina (fig. 1).
- Il riflettore illumina l'acqua dall'alto trasversalmente in modo che la superficie dell'acqua appaia come uno strato fluorescente.
- Collegare il motore all'alimentatore.
- Inserire il materiale assorbente primario in ciascuna delle due parti del canale a forma di V.
- Nell'estremità posteriore del canale a forma di I introdurre il materiale assorbente secondario in modo che le onde della superficie vi scorrano sopra in piano.
- Accendere il motore.

Si ha la rappresentazione della propagazione di un'onda.

Per modificare la posizione di fase delle due onde separate, uno dei rulli dell'albero generatore viene ruotato di 180°, finché non scatta in posizione.

La tensione del motore può essere aumentata per breve tempo fino a circa 13 V. L'intensità di corrente è inferiore a 0,5 A. L'interruttore del motore dispone di 3 posizioni. Nella posizione centrale il motore è spento. Se si sposta l'interruttore da un lato, si accende il motore (funzionamento continuo). Se si sposta l'interruttore dall'altro lato, il motore funziona solo finché si tiene premuto l'interruttore. In questo modo è possibile generare delle piccole lunghezze d'onda.

- Dopo avere eseguito gli esperimenti, collocare sotto la parte posteriore del canale a forma di I un secchio per l'acqua.

Per svuotare il canale per onde d'acqua, è previsto un tubo di scarico collegato saldamente all'interno del canale.

Il tubo in plastica resistente alla fatica si trova nella piccola cassetta di conservazione all'estremità del canale (dietro alla piastra di chiusura grigia).

- Per rimuovere l'acqua, estrarre con cautela il tubo dalla cassetta (un'estremità è collegata saldamente ad un raccordo).
- Condurre l'estremità libera al recipiente di scarico, tendendola delicatamente.

L'acqua scorre via da sola.

- Al termine dello svuotamento, ripiegare il tubo a zigzag e reinserirlo nella cassetta.

4. Esempi di esperimenti

4.1 Generazione di un'onda non periodica

- Impostare prima un movimento in fase dei due generatori.
- Inserire alla fine della parte del canale per onde a forma di I il materiale assorbente.
- Accendere il motore per circa 1 s.

Viene generato un treno di onde breve che si muove nel canale per onde (fig. 2).

4.2 Generazione di un'onda periodica

- Accendere il motore per un intervallo più lungo.

Viene generata un'onda progressivamente periodica che scorre dal generatore fino all'estremità posteriore del canale a I.

4.3 Dimostrazione che le onde trasportano energia ma non materia

- Nella parte centrale del canale a forma di I fissare le sfere galleggianti con i rispettivi fili in punti diversi alla parete del canale.
- Accendere il motore per un intervallo breve.

Quando le sfere vengono colpite dal treno di onde, si muovono su e giù ritmicamente come le particelle d'acqua. Quando il treno di onde prosegue, le sfere si trovano ancora nello stesso punto.

4.4 Determinazione della velocità di fase di un'onda

- A motore acceso, misurare il tempo che una cresta dell'onda impiega per andare dal punto di ingresso nel canale a forma di I fino al materiale assorbente.

La velocità è calcolata come quoziente tra la distanza percorsa e il tempo.

4.5 Correlazione tra frequenza e lunghezza d'onda

- Azionare prima il motore con tensione bassa.
- Definire la lunghezza d'onda.
- Aumentare quindi la frequenza del motore e calcolare nuovamente la lunghezza d'onda.

- Ripetere l'esperimento aumentando ancora la velocità del motore.

Quanto più aumenta la frequenza dell'onda, tanto più diminuisce la lunghezza d'onda.

4.6 Riflessione di un'onda d'acqua

- Rimuovere il materiale assorbente secondario dalla parte posteriore del canale a forma di I.
- Accendere il generatore di onde per circa 1 s.

Viene generato un treno di onde breve che si muove fino alla fine del canale a forma di I. Qui viene riflesso e torna verso il generatore di onde.

4.7 Velocità di fase e velocità di gruppo

- Accendere il generatore di onde per circa 2 s.

Si osserva chiaramente che le creste dell'onda raggiungono la fine del canale a forma di I e, dopo la riflessione, tornano al generatore di onde con velocità superiore rispetto all'intero gruppo di onde.

4.8 Onde stazionarie

- Accendere il motore.

L'onda viene riflessa alla fine del canale a forma di I. L'onda riflessa si sovrappone con l'onda in arrivo. Si ha così un'onda stazionaria. Modificando leggermente la velocità del motore è possibile rappresentare chiaramente un'onda stazionaria.

4.9 Sovrapposizione in fase delle onde

- Reinscrivere il materiale assorbente nell'estremità posteriore del canale a forma di I.
- Accendere il motore.
- Chiudere prima l'uscita di una parte del canale con il profilo di tenuta.
- Dopo l'ingresso dell'onda nel canale a forma di I determinare la sua ampiezza (fig. 3).
- Quindi sbloccare di nuovo la seconda parte del canale e ricalcolare l'ampiezza nello stesso punto.

Questa risulta ora più grande di un fattore $\sqrt{2}$ rispetto al primo caso (fig. 4).

4.10 Sovrapposizione delle onde con uno spostamento di fase di $1/2$

- Ruotare un manicotto dell'albero generatore in modo che i generatori si muovano in senso opposto.
- Introdurre la piastra di separazione nell'area di passaggio dalla parte a forma di V a quella a forma di I.

- Accendere il motore.

Nell'area della piastra di separazione si osserva chiaramente lo spostamento di fase delle due onde separate. Nella parte del canale a forma di I, non separata dalla piastra, le due onde si uniscono e si annullano (fig. 1).

Il fatto che nell'area del canale in cui si trova la piastra di separazione si formino onde stazionarie è dovuto alla riflessione delle onde separate oltre la piastra di separazione. Se si accende il generatore solo per un breve intervallo, si osserva che le due onde separate si muovono fino al punto di sovrapposizione. Qui vengono riflesse nei due canali.

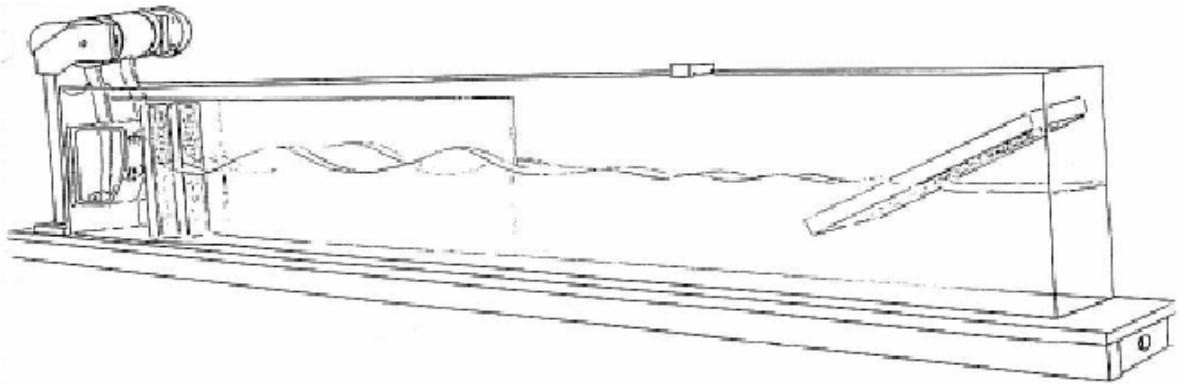


Fig. 1 Struttura del canale per onde d'acqua

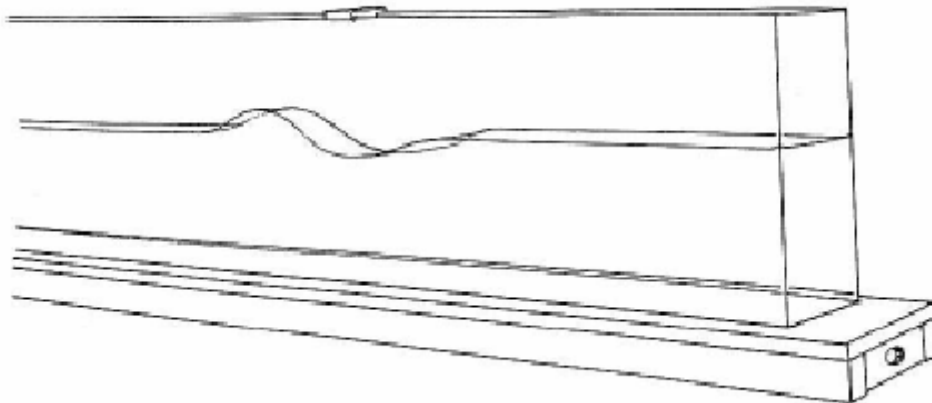


Fig. 2 Generazione di un'onda non periodica

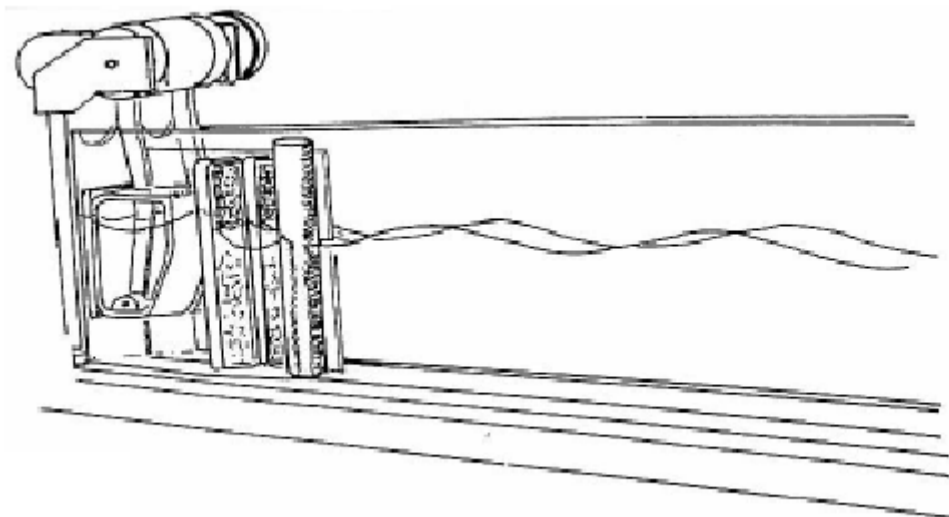


Fig. 3 Sovrapposizione in fase delle onde

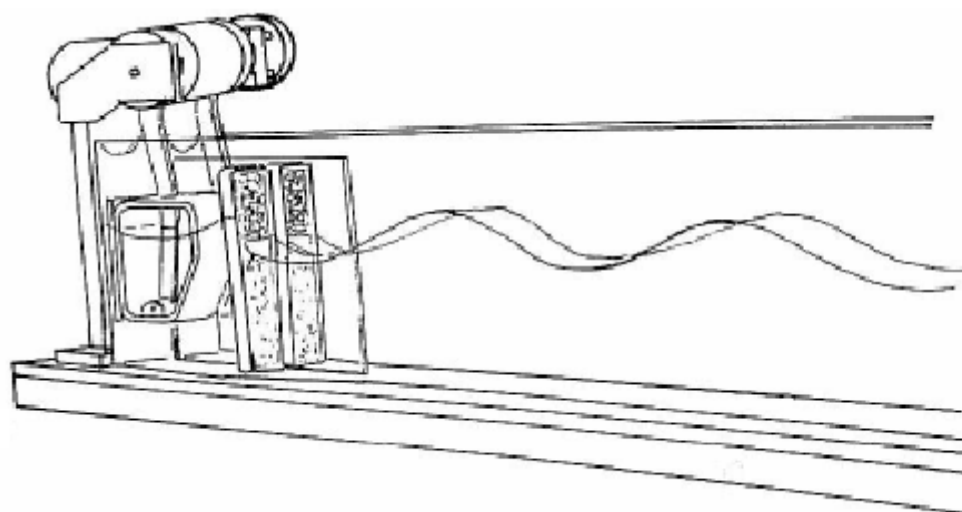
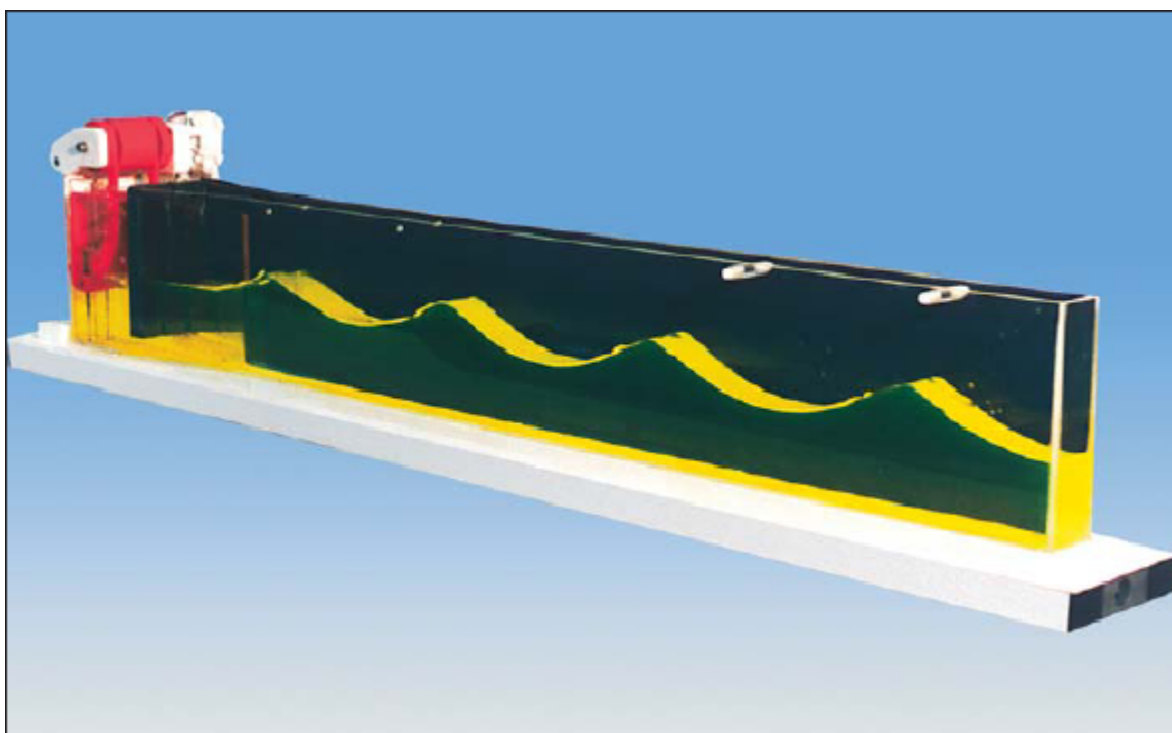


Fig. 4 Sovrapposizione in fase delle onde

Canal de ondas de agua 1000807

Instrucciones de uso

05/12 ELWE/ALF



1. Descripción

El canal de ondas sirve para demostrar y examinar las olas en la superficie.

El canal de ondas consiste en una cuba grande y transparente llena de agua en un 66%. En la parte corta con forma de V se producen las olas. En la parte con forma de I se examinan las olas. Para producir las olas en el extremo del canal con forma de V está instalado un motor con engranaje. Acciona dos cuerpos sumergidos que se mueven con agua de arriba abajo. Cada cuerpo sumergido produce una ola en la parte del canal con forma de V. Dependiendo del ajuste en la ola excitador los dos cuerpos sumergidos se pueden mover en el mismo sentido o en sentido contrario. La

frecuencia de estas olas puede ser variada cambiando la tensión de servicio.

En los dos canales parciales se encuentra en cada caso una armadura con un velo a través del cual las olas tienen que pasar. De esta forma se consigue en gran parte un recorrido sinusoidal. Después entran en la parte con forma de I y se mueven hacia su extremo. Si la armadura amortiguadora está insertada en el extremo del canal con el velo en la mayor parte son absorbidas. Así en el canal aparece la imagen de una ola difundidora. Si no está insertado el absorbedor las olas son reflejadas en el extremo posterior del canal con forma de I.

Cuando el motor está encendido poco tiempo se produce un tren de olas que vuelve al excitador

después de haber pasado el canal y después de la reflexión. Si el motor trabaja de forma continua se sobrepone la ola que llega y la que está reflejada y de esta forma aparece la imagen de una ola estacionaria.

Si la ola absorbida en el extremo del canal con forma de I es producida por un solo productor de olas su amplitud es pequeña. Si las dos olas parciales llegan a la parte del canal con forma de I, la amplitud se aumenta.

Las dos olas parciales también pasarán todavía de forma separada en el canal con forma de I insertando una placa de separación en la zona de transición del canal con forma de V al canal con forma de I. Así se las puede comparar en lo que se refiere a su movimiento mutuo. Si los dos productores de olas están accionados en sentido contrario se puede reconocer claramente el cambio de fase de $\lambda/2$ en la zona de la placa de cristal insertada. La superposición de estas dos olas parciales produce una extinción de la mayor parte cuando las olas entran en la parte posterior del canal con forma de I.

Con el canal de olas son posibles los experimentos de los siguientes puntos esenciales:

- Generación de una ola no periódica
- Generación de una ola periódica
- Probar que las olas transportan energía, pero ninguna materia
- Velocidad de fase y en grupos de una ola
- Determinación de la velocidad de fase
- Demostración de la relación entre frecuencia y longitud de ola
- Reflexión de una ola
- Olas estacionarias
- Superposición equifásica de olas
- Superposición de olas con un cambio de fase de $\lambda/2$

1.1 Accesorios

- 2 armaduras con velo para la homogeneización de las olas (absorbedor primario)
- 1 armadura con velo para suprimir la reflexión de la ola en el extremo del canal (absorbedor secundario)
- 1 empaquetadora perfilada para un cierre temporal de un canal parcial con forma de V
- 1 placa de separación transparente 40x170x6 mm³ con distanciadores para insertar en el canal con forma de I
- 2 flotadores esféricos con hilo para probar el movimiento de arriba abajo

1.2 Otros aparatos necesarios

- 1 equipo para el suministro de corriente para tensión continua, 0.....20 V, ajustable con progresión continua
- 1 lámpara con reflector
- Fluoresceína para colorear el agua

2. Datos técnicos

Tensión de línea del motor:	12 V CC
Dimensiones:	1500 x 150 x 290 mm ³
Peso:	aprox. 12,6 kg

3. Servicio

- El canal de olas se llena con agua hasta la altura marcada añadiendo algo de fluoresceína (Fig. 1).
- La iluminación con la lámpara con reflector se produce desde arriba de forma inclinada de tal forma que aparezca la superficie de agua como una capa fluorescente.
- El motor está unido con el equipo de suministro de corriente.
- En cada caso se introduce el absorbedor primario en los dos canales parciales.
- En el extremo posterior de la parte con forma de I se introduce el absorbedor secundario, de tal forma que las olas en la superficie choquen contra él de forma poco profunda.
- El motor se enciende.

Se produce una imagen de una ola difusora.

Para cambiar la posición de fase de las dos olas parciales se gira uno de los dos cilindros sobre la ola de excitación a 180° hasta que se enclave.

La tensión del motor puede ser aumentada temporalmente hasta aprox. 13 V. La intensidad de corriente es inferior a 0,5 A. El interruptor del motor tiene tres posiciones. En la posición media el motor está apagado. Si se acciona el interruptor hacia un lado, se enciende el motor (funcionamiento permanente). Si se acciona el interruptor hacia el otro lado, el motor solamente funciona mientras se pulsa el interruptor. Si se acciona el interruptor hacia un lado el motor solamente trabaja mientras se pulsa el interruptor. De esta forma se pueden producir longitudes de ola cortas.

- Después de experimentar se pone un cubo de agua por debajo de la parte trasera del canal con forma de I.

Para vaciar el canal de las olas está prevista una manga de desagüe fijada fuertemente con el interior del canal.

La manga de materia sintética segura de fatiga se encuentra en la caja de almacenamiento pequeña en el extremo del canal (detrás de la placa de cierre gris).

- Si se quiere quitar el agua del aparato se quita la manga de la caja de forma cuidadosa (un extremo está unido fijamente con un manguito de empalme).
- El extremo libre se lleva hacia el recipiente de desagüe poniéndolo tieso ligeramente.

El agua sale de forma independiente.

- Después de la evacuación realizada la manga se pliega en forma de zigzag y se la empuja otra vez a la caja.

4. Ejemplos de experimentos

4.1 Generación de una ola no periódica

- Primero se ajusta un movimiento equifásico de los dos excitadores.
- En el extremo de la parte del canal de olas con forma de I se instala el absorbedor.
- El motor se enciende durante aprox. un segundo.

Se genera un tren de olas corto que se mueve a través del canal de olas (Fig. 2).

4.2 Generación de una ola periódica

- El motor se enciende durante un tiempo más largo.

Se genera una ola periódica progresiva que transcurre desde el excitador hasta el extremo trasero del canal con forma de I.

4.3 Prueba de que las olas transportan energía pero ninguna materia

- En la parte central del canal con forma de I se fijan los dos flotadores esféricos con sus hilos en las paredes del canal en distintos lugares.
- El motor se enciende temporalmente.

Cuando los flotadores son tocados por el tren de olas se mueven como moléculas de forma rítmica de arriba abajo. Después de que sigue el tren de olas los flotadores todavía se encuentran en la misma parte.

4.4 Determinación de la velocidad de fase de una ola

- Con el motor en marcha se mide el tiempo que necesita una cresta de la ola para llegar desde el punto de entrada en el canal con forma de I hasta el absorbedor.

Se calcula la velocidad como el cociente entre el recorrido y el tiempo.

4.5 Relación entre frecuencia y longitud de la ola

- En primer lugar el motor se acciona con una tensión inferior.
- Se estima la longitud de la ola.
- A continuación se aumenta la frecuencia del motor y de nuevo se averigua la longitud de la ola.
- Se repite el experimento con una velocidad de giro todavía más alta.

Cuanto más alta es la frecuencia de la ola menos alta es la longitud de la ola.

4.6 Reflexión de la ola

- El absorbedor secundario se desmonta de la parte trasera del canal con forma de I.
- Se enciende el excitador de las olas durante aprox. un segundo.

Se produce un tren de olas corto que se mueve hasta el extremo del canal con forma de I. Allí es reflejado y vuelve al excitador.

4.7 Velocidad de fase y velocidad de grupo

- Se enciende el motor durante aprox. 2 segundos.

Se puede ver claramente que las crestas de la ola se mueven con más velocidad hacia el extremo del canal con forma de I que el grupo de olas en total y después de la reflexión vuelven al excitador de las olas.

4.8 Olas estacionarias

- Se enciende el motor.

Se refleja la ola en el extremo del canal con forma de I. La ola reflejada se sobrepone con la ola que llega. Se forma una ola estacionaria. Se puede ajustar una imagen convincente de una ola estacionaria cambiando ligeramente la velocidad de giro del motor.

4.9 Superposición de olas de la misma fase

- En el extremo trasero del canal con forma de I se inserta otra vez el absorbedor de las olas.
- Se enciende el motor.
- Primero se cierra la salida de un canal parcial con la empaquetadora perfilada.
- Después de la entrada de las olas se determina su amplitud (Fig. 3).
- Después se desbloquea el segundo canal parcial y otra vez se determina la amplitud en el mismo lugar.

Ahora es más grande con respecto al factor $\sqrt{2}$ que en el primer caso (Fig. 4).

4.10 Superposición de las olas con un desplazamiento de fases de $1/2$

- Un manguito se gira de tal forma que los excitadores se muevan en sentido contrario.
- Se inserta una placa separadora en la zona de transición de la parte de V a la parte de I.
- Se enciende el motor.

En la zona de la placa separadora se puede ver claramente la posición desfasada de las dos olas parciales. En la parte del canal con forma de I que no está separada por la placa se unen las dos olas parciales y se extinguen mutuamente (Fig. 1).

El hecho de que en la zona del canal con placa separadora se forman olas estacionarias se debe a la reflexión de las olas parciales detrás de la placa separadora. Si se enciende el excitador solamente de tiempo corto se puede ver que las dos olas parciales se mueven hasta el punto de superposición. Allí son reflejadas en los dos canales.

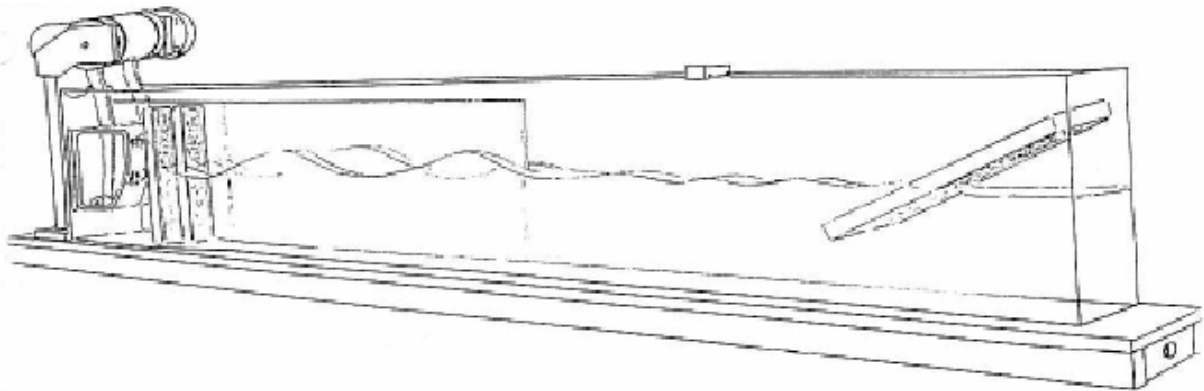


Fig. 1 Construcción del canal de olas en forma de cuba

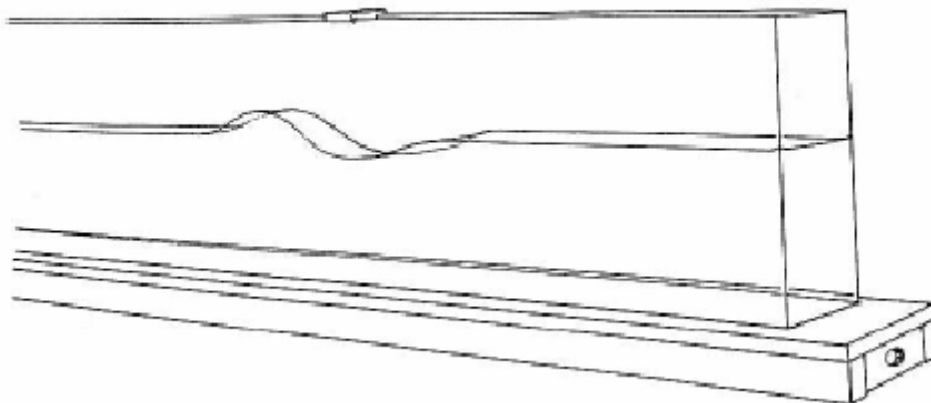


Fig. 2 Generación de una ola no periódica

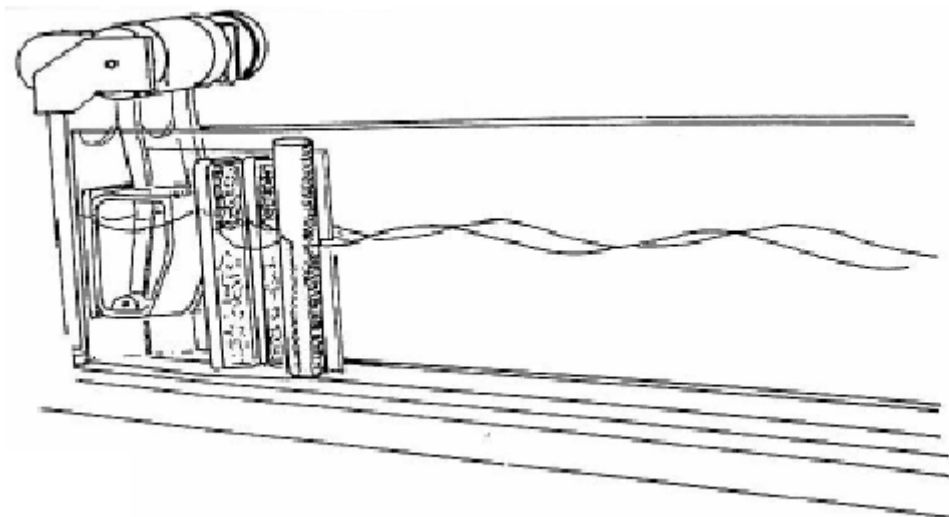


Fig. 3 Superposición de olas de la misma fase

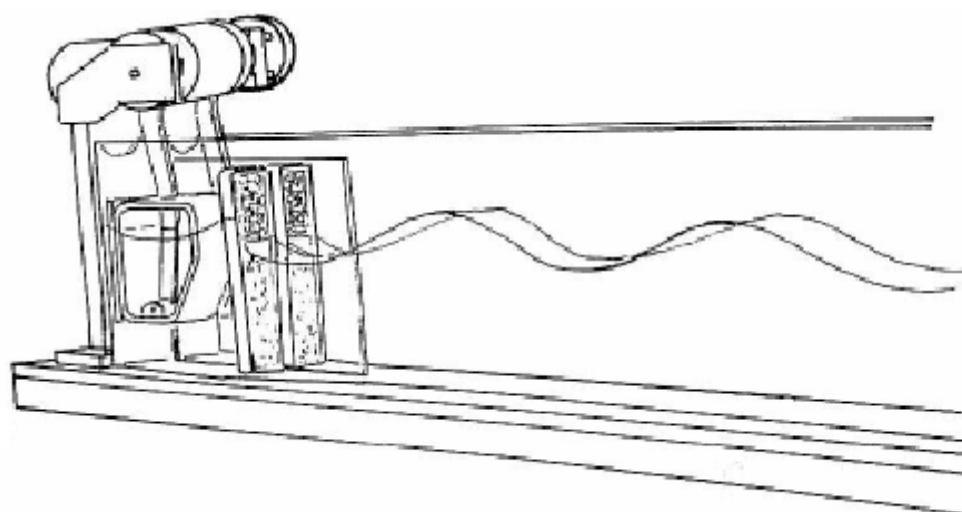
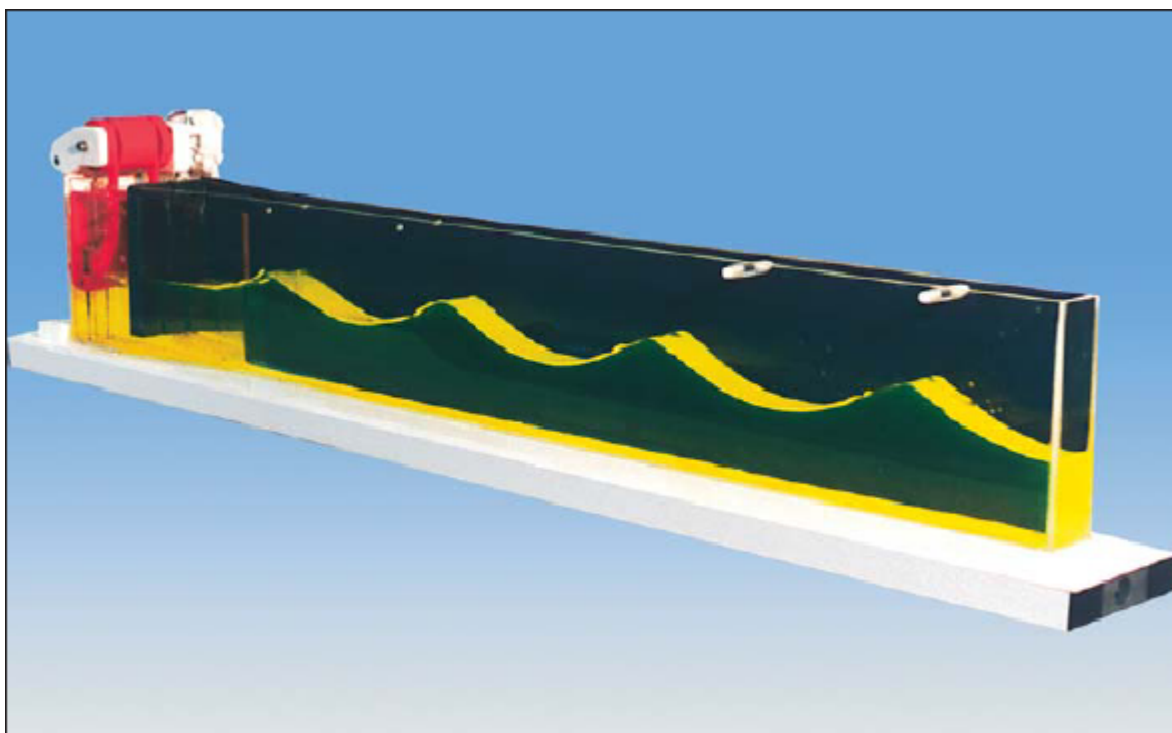


Fig. 4 Superposición de olas de la misma fase

Canal para ondas na água 1000807

Instruções de operação

05/12 ELWE/ALF



1. Descrição

O canal para ondas na água serve para a demonstração e a pesquisa de ondas na superfície da água.

Ele consiste numa cuba grande e transparente, que é preenchida até 2/3 da altura com água. As ondas são criadas pela peça curta em forma de V, com a peça em forma de I elas são pesquisadas. Para produção de ondas, encontra-se um motor com transmissão no final do canal em forma de V. Ele move os corpos de imersão para cima e para baixo. Cada corpo de imersão provoca uma onda em uma parte do canal em forma de V. Segundo o ajuste do excitador de ondas, os dois corpos de imersão podem se mover em síncronos ou em direções contrárias. A frequência das ondas pode ser assim variada alterando-se a tensão de operação do motor.

Em ambos canais parciais encontra-se um quadro com pano, que as ondas têm que atravessar. Assim é conseguido um percurso em modo geral de forma senoidal. Logo, elas entram na parte do canal em forma de I e movem-se até o seu final. Caso esteja instalado o quadro com o pano amortecedor no final do canal, as ondas são quase integralmente absorvidas. Por isso, aparece no canal a imagem de uma onda muito extensa. Se o absorvedor não estiver instalado, então as ondas são refletidas no final do canal.

Se o motor for aceso por um tempo curto, surge uma série de ondas que após percorrer o canal e serem refletidas, retornam para o excitador. Se o motor ficar ligado, as ondas emitida se sobrepõem às ondas refletidas e forma-se a imagem de uma onda estacionária.

Se a onda absorvida no final do canal em I for produzida por um só excitador (fechando o segundo canal) a sua amplitude será pequena. Se ambas ondas parciais atingirem o canal em I, então a amplitude aumenta.

Introduzindo-se a placa de separação no setor de passagem do canal em V para o canal em I, ambas ondas continuam num percurso paralelo separado e o seu comportamento pode ser comparado. Se os excitadores forem acionados em movimento contrário um ao outro, na parte da placa de vidro inserida fica claramente reconhecível a defasagem de $\lambda/2$. A superposição destas duas ondas parciais leva a que após a sua entrada no canal em I, no final do canal, elas desapareçam quase totalmente.

Com o canal para ondas na água podem ser realizadas experiências relacionadas aos seguintes temas principais:

Criação de uma onda não periódica

Criação de uma onda periódica

Comprovar que ondas transportam energia mas nenhuma matéria

Fases e velocidade de grupo de uma onda

Determinação da velocidade de fase

Demonstração da relação entre frequência e longitude de onda

Reflexão de uma onda

Onda estacionária

Superposição de ondas de fase idêntica

Superposição de ondas com uma defasagem de $\lambda/2$

1.1 Acessórios

- 2 armações com pano para homogeneização das ondas (absorvedor primário)
- 1 quadro com pano para suprimir a reflexão de ondas no final do canal (absorvedor secundário)
- 1 perfil de isolamento para o fechamento temporário de um dois canais em V
- 1 placa de separação transparente de $40 \times 170 \times 6 \text{ mm}^3$ com peças para distanciamento para introdução no canal em forma de I
- 2 bolas flutuantes com fio para a comprovação do movimento de sobe e desce

1.2 Aparelhos adicionalmente necessários

- 1 aparelho de alimentação elétrica para corrente contínua, 0 - 20 V, ajustável sem patamares
 - 1 lâmpada de refletor
- Fluoresceína para a coloração da água

2. Dados técnicos

Tensão de operação do motor:	12 V DC
Dimensões:	$150 \times 150 \times 290 \text{ mm}^3$
Peso:	aprox. 12,6 kg

3. Utilização

- Preencher o canal de ondas na água até a marca com água à qual foi adicionado um pouco de fluoresceína (fig. 1).
- A iluminação com o refletor deve ocorrer inclinada de cima, de modo que a superfície da água apareça fluorescente.
- Conectar o motor com o aparelho de alimentação elétrica.
- Introduzir um absorvedor primário em cada um dos canais da parte em V.
- Colocar o absorvedor secundário no final da parte em I de modo que as ondas na superfície o atinjam de forma bem plana.
- Ligar o motor.

Surge a imagem de uma onda em propagação.

Para alterar a situação de fase das duas ondas parciais, gira-se um cilindro em 180° , até este engatar.

A tensão do motor pode ser elevada até uns 13 V por um curto espaço de tempo. A corrente é de menos de 0,5 A. O motor permite 3 ajustes. Na posição média o motor está desligado. Se o interruptor é movido para um lado o motor é então ligado. (operação permanente). Se o interruptor for movido para o outro lado, o motor só continuará funcionando enquanto se apertar o interruptor. Assim podem ser geradas ondas de curta longitude.

- Após a experimentação, colocar um balde debaixo da parte posterior do canal em forma de I.

Para o esvaziamento do canal para ondas na água encontra-se a disposição uma mangueira de evacuação firmemente ligada ao interior do canal.

A mangueira, feita de plástico altamente durável, encontra-se na pequena caixa de armazenamento no final do canal (por trás da tampa cinza).

- Para evacuar a água, retirar a ponta livre da mangueira (a outra ponta está fixada no canal) cuidadosamente da caixinha.
- Levantar a ponta livre para o recipiente de evacuação puxando levemente.

A água sai por si mesma.

- Após a evacuação, colocar a mangueira novamente dobrada em zig-zag dentro da caixinha.

4. Exemplos de experiências

4.1 Criação de uma onda não periódica

- Primeiro, ajustar um movimento de fase idêntica para os dois excitadores.
- Inserir o absorvedor no final da parte em I do canal para ondas na água.
- Ligar o motor durante aproximadamente 1 s.

Surge uma curta onda que se propaga pelo canal para ondas na água (fig. 2).

4.2 Criação de uma onda periódica

- Ligar o motor por um período mais longo.

Surge uma onda periódica que se propaga do excitador até o final do canal em I

4.3 Comprovação de que ondas transportam energia mas nenhuma matéria

- Fixar em diferentes pontos ambas bolas flutuantes com seus fios nas paredes do canal para ondas no meio da parte em I do canal.
- Ligar o motor por um curto espaço de tempo.

Quando as bolas são atingidas pelas ondas, elas se movem ritmicamente como as partículas de água para baixo e para cima. Após a passagem da onda, as bolas continuam no mesmo lugar.

4.4 Determinação da velocidade de fase de uma onda

- Com o motor ligado, medir o tempo que uma onda individual precisa para chegar do ponto de origem do canal em I até o absorvedor.

A velocidade é o quociente do percurso e com o tempo.

4.5 Relação entre a frequência e o comprimento de onda

- Primeiro, acionar o motor com uma tensão reduzida.
- Determinar o comprimento de onda.
- Logo, aumentar a frequência do motor e determinar novamente o comprimento de onda.
- Repetir a experiência com um número de rotação do motor maior.

Quanto maior for a frequência, menor será o comprimento de onda.

4.6 Reflexão da onda de água

- Retirar o absorvedor secundário no final do canal em forma de I.

- Ligar o excitador de ondas durante aproximadamente 1 s.

Surge um curto grupo de ondas que se move para o final do canal em I. Lá, este é refletido e retorna em direção ao excitador de ondas.

4.7 Velocidade de fase e velocidade de grupo

- Ligar o excitador de ondas por aproximadamente 2 s.

É claramente visível como as ondas individuais se dirigem com maior velocidade ao final do canal em I e retornam após a reflexão ao excitador de ondas como grupo de ondas completo.

4.8 Ondas estacionárias

- Ligar o motor.

A onda é refletida no final do canal em I. A onda refletida se superpõe à onda que chega. Surge uma onda estacionária. Alterando levemente o número de rotações do motor pode-se criar uma imagem convincente de uma onda estacionária.

4.9 Superposição de ondas de fase idêntica

- Voltar a colocar o absorvedor de ondas na parte posterior do canal em I.
- Ligar o motor.
- Primeiro, fechar a saída de um dos canais parciais com o perfil de isolamento.
- Depois que a onda entrar no canal em I, determinar a sua amplitude (fig. 3).
- Depois, liberar novamente o segundo canal e determinar de novo a amplitude no mesmo ponto.

Ela é agora maior do que no primeiro caso num fator $\sqrt{2}$ (fig. 4).

4.10 Superposição das ondas com uma com uma defasagem de 1/2

- Girar um cilindro do excitador de ondas de modo que os excitadores se movam em movimento contrário.
- Colocar a placa de separação na área de passagem do canal em V ao canal em I.
- Ligar o motor.

É fácil reconhecer a situação de defasagem de ambas ondas parciais na região da placa de separação. Atingindo a parte em I do canal que não está separada, as duas ondas se encontram e desaparecem (fig. 1).

O fato que se formem ondas estacionárias na área do canal com a placa de separação é devido à

reflexão das ondas parciais atrás da placa de separação. Se o motor for ligado por um curto tempo, então é visível como ambas ondas parciais se movem até o ponto de superposição. Lá, elas são refletidas em ambos canais.

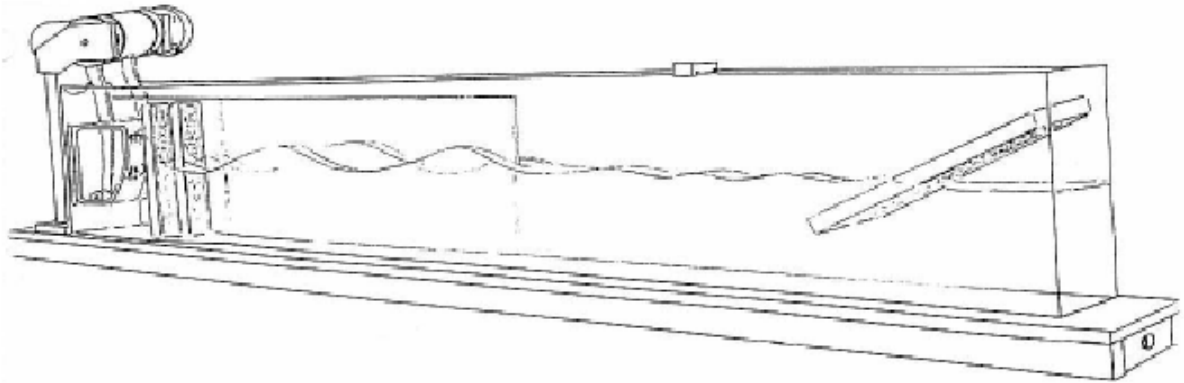


Fig. 1 Montagem do canal para ondas na água

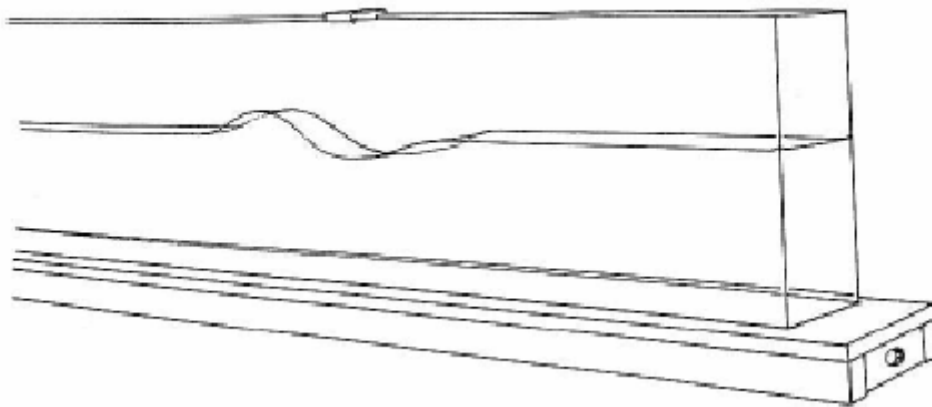


Fig. 2 Criação de uma onda não periódica

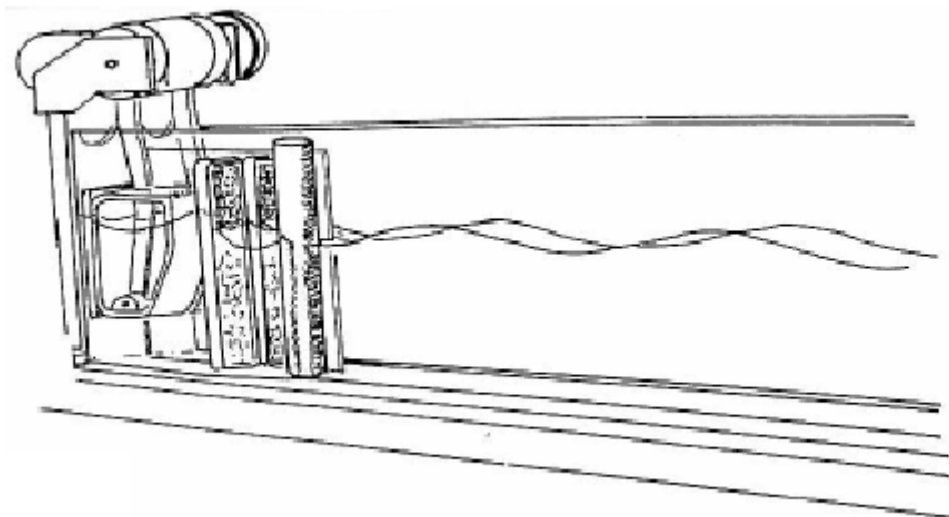


Fig. 3 Superposição de ondas de fase idêntica

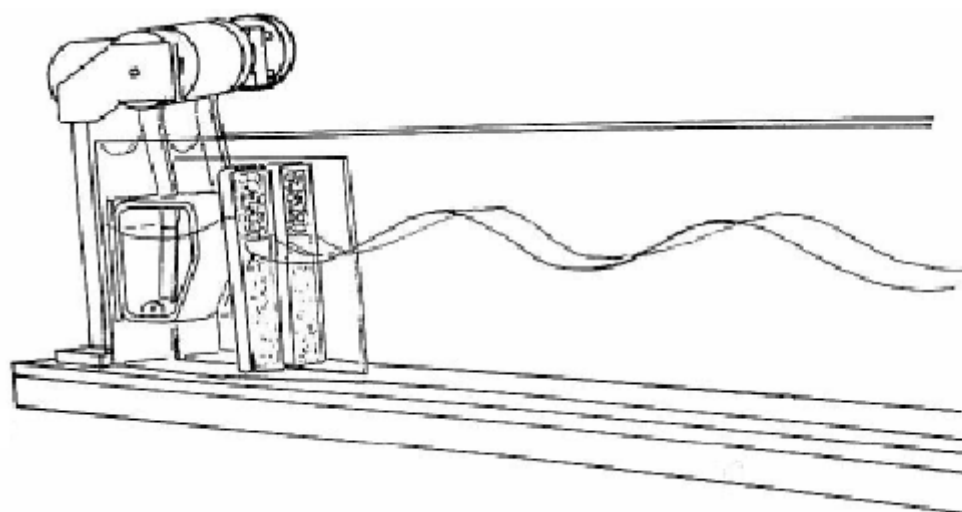


Fig. 4 Superposição de fase idêntica das ondas

