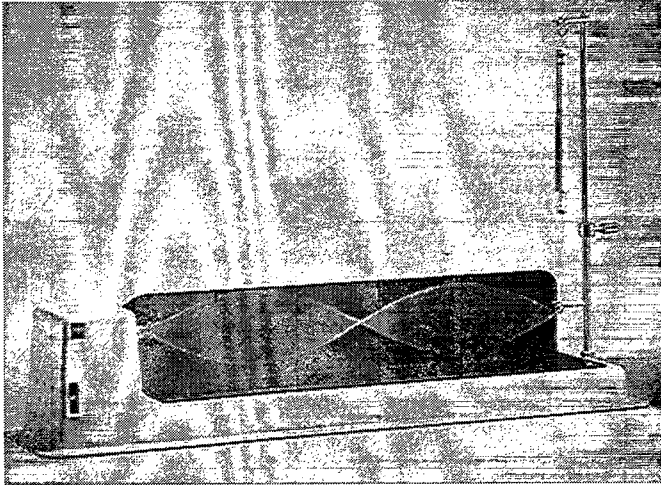


7/1989 -Sf-

Instrucciones de Servicio

401 03



Con este modelo es posible producir ondas transversales estacionarias de polarización circular con una frecuencia f constante y diferentes longitudes de ondas λ . La longitud de las ondas cambia según la masa específica m^* (masa por longitud) y según la tensión aplicada a la cuerda F . Esta tensión se mide por medio de un dinamómetro colocado a una punta de la cuerda.

De esta forma se tiene a disposición un equipo compacto para efectuar el experimento según Melde que demuestra la velocidad de propagación c (velocidad de fase) de las ondas transversales a lo largo de un hilo o una cuerda tensada.

$$(1)^+ \quad c = \sqrt{\frac{F}{\rho \cdot A}}$$

Para materiales homogéneos (por ejemplo: alambre) con una densidad de ρ y una sección transversal de A .

$$o: \quad c = \sqrt{\frac{F}{m^*}}$$

Para materiales no homogéneos (por ejemplo: cuerdas trenzadas) con una masa específica de m^* .

Con este equipo se pueden obtener los siguientes resultados:

La longitud de onda λ de una cuerda tensada con una fuerza F es la mitad de la longitud de onda de una cuerda tensada a una fuerza de $4 \times F$.

La longitud de onda de una cuerda con masa m^* es el doble de la longitud de onda de una cuerda tensada con la misma fuerza F pero teniendo una masa de $4 \times m^*$.

Con esto se confirma la siguiente proporcionalidad:

$$\lambda \sim \sqrt{\frac{F}{m^*}}$$

Usando la ecuación $c = \lambda \cdot f$, en la cual λ es la longitud de onda, f es la frecuencia y c es la velocidad de propagación, resulta

$$c \sim \sqrt{\frac{F}{m^*}}$$

Aparte de esto, es posible efectuar otros experimentos:

Derivación experimental de la proporcionalidad $c \sim \sqrt{F}$ por verificación cuantitativa de la relación entre F y λ para varios valores λ ;

Modelo de ondas transversales con motor

Determinación numérica de la velocidad de propagación c según (1);

Comparación entre el valor c obtenido por el método (1) y el valor c obtenido por medio de la ecuación $c = \lambda \cdot f$ (medida estroboscópica de f).

Este aparato también es adecuado para efectuar una comparación entre ondas de polarización circular y lineal. Se puede demostrar así mismo la influencia de un polarizador sobre el plano de oscilación rotatorio de una onda con polarización circular.

Bibliografía: Nuevas Hojas de Física para Escuelas Técnicas y Universidad, Volume 1 (599 956)

1 Datos Técnicos

| | |
|--|---------------------------------|
| Longitudes de las cuerdas 1 para ondas estacionarias; | aprox. 0,485 m aprox. 0,38 m |
| Masa específica m^* de la cuerda (masa por longitud): | aprox. 5 mg/cm |
| Tensión de la cuerda según el dinamómetro: | campo de medición 1 N |
| Excitación de la cuerda por medio de la excéntrica de un motor: | |
| Tensión de la red: | 220 V/50 Hz |
| Potencia: | aprox. 23 VA |
| Frecuencia: | aprox. 44 Hz |
| Dimensiones del aparato (sin incluir el soporte ajustable hasta una altura max. de 55 cm): | aprox. 70 cm x 15 cm x 14 cm |
| Peso: | aprox. 2,5 kg |

^{+) (1) es el resultado de la ecuación de la onda para cuerdas e hilos tensados sin considerar la resistencia a la flexión. La derivación se puede encontrar en textos de enseñanza de física teórica.}

2 Descripción

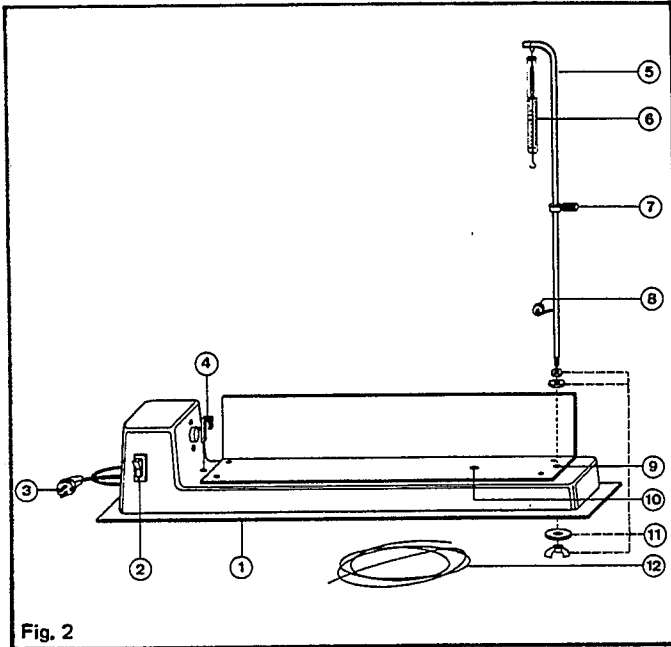


Fig. 2

2.1 Partes principales

El equipo incluye el aparato básico (con el motor en la caja y la base), un soporte montado sobre el aparato básico y ajustable en su altura, 1 dinamómetro (campo de medición: 1 N) y una cuerda de aprox. 5 m de largo.

- ① Aparato básico con motor
- ② Interruptor principal con lamparilla indicadora
- ③ Cable de conexión a la red
- ④ Excéntrica
- ⑤ Soporte ajustable en la altura para soportar el dinamómetro
- ⑥ Dinamómetro
- ⑦ Tornillo para fijar la altura ajustada en el soporte
- ⑧ Polea para la transmisión casi sin fricción de la fuerza a la cuerda tensada horizontalmente
- ⑨ y ⑩ Taladros para insertar el soporte ⑤
- ⑪ Tuerca hexagonal, tuerca de mariposa y arandelas para montar el soporte ⑤ sobre el aparato básico ①
- ⑫ Aprox. 5 m de cuerda para obtener cuerdas de distintas masas y longitudes (ver 3.1).

2.2 Funcionamiento

La excéntrica del motor, cuya frecuencia f se mantiene casi constante para las cargas que puedan aparecer en estos experimentos, ocasiona un movimiento circular en la punta de la cuerda. Esta dislocación periódica progresa a lo largo de la cuerda con la velocidad c de tal forma que se produce una onda de polarización circular.

Al llegar a la polea, la onda se refleja con una dislocación de la fase porque la polea actúa como la punta fija de la cuerda. La onda que va llegando interfiere con la onda reflejada de tal manera que se forma una onda estacionaria siempre y cuando la longitud de la onda λ — determinada por la tensión de la cuerda F y la masa específica m^* — sea tal que justo un múltiplo íntegro de $\frac{\lambda}{2}$ encuentre puesto sobre la cuerda.

3 Operación

3.1 Preparación

(requerido generalmente sólo antes de la primera puesta en marcha)

Preparar las cuerdas necesarias para el experimento según la Fig. 3.

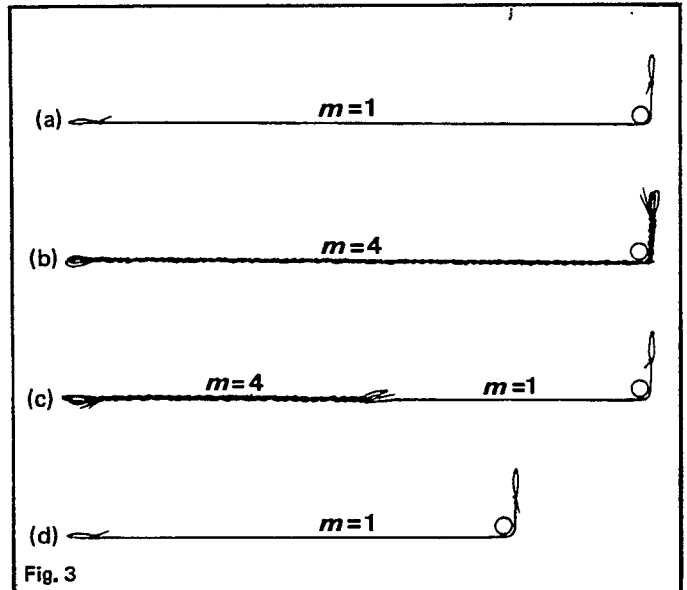


Fig. 3

Cuerda (a): Se necesitan aprox. 0,6 m de cuerda; largo efectivo l : 0,485 m; masa sencilla m ; para verificar $\lambda \sim \sqrt{F}$

Cuerda (b): Se necesitan aprox. 2,40 m de cuerda; largo efectivo l : 0,485 m; 4 veces la masa sencilla = $4m$ de la cuerda (a); para verificar $\lambda \sim \sqrt{\frac{1}{m^*}}$

Cuerda (c): Se necesitan aprox. 1,35 m de cuerda; largo efectivo l : 0,485 m; la mitad tiene una masa sencilla m , la otra mitad tiene 4 veces la masa sencilla, sea $4m$; para verificar $\lambda \sim \sqrt{\frac{1}{m^*}}$

Cuerda (d): Se necesitan aprox. 0,50 m de cuerda; largo efectivo l : 0,38 m; masa sencilla m ; usada en conjunto con la cuerda (a) para derivar $\lambda \sim \sqrt{F}$

Montar el soporte ajustable sobre el aparato básico insertándolo en el taladro ⑨ de la base y usando la tuerca hexagonal, las dos arandelas y la tuerca mariposa como se muestra en la Fig. 2.

Nota:

Para estos experimentos bastan ondas con una longitud de $\lambda = 0,48$ y $0,43$. Esto se puede efectuar montando el soporte ajustable en el taladro ⑨ obteniéndose una longitud efectiva de $0,48$ m.

Al hacerse la representación gráfica de la función $\lambda = f(F)$, se recomienda efectuar mediciones adicionales usando una cuerda con un largo de $0,38$ m para obtener varios valores λ distintos. Para hacer esto, se monta el soporte en el taladro ⑩ de la base.

3.2. Indicaciones generales para efectuar los experimentos

El equipo está listo para efectuar los experimentos una vez que el dinamómetro y una cuerda apropiada hayan sido montados (ver 3.1) según la Fig. 1. y después de haber conectado el motor a la red.

Con el tornillo ⑦ flojo, y mientras se va observando la cuerda, ir ajustando la altura del soporte lenta y continuamente hasta que se formen ondas estacionarias con una amplitud máxima. Entonces apretar firmemente el tornillo y notar la fuerza marcada en el dinamómetro.

Tensiones mayores de $0,7$ N perjudican la constancia de frecuencia del motor.

4 Almacenamiento del equipo

La mejor manera de guardar el aparato es dejarlo con el soporte montado de tal forma que siempre esté listo para usarse. Dejar el soporte con el dinamómetro relajado.

5 Ejemplos de experimentos

5.1 Experimento según Melde

5.1.1 Verificación de $\lambda \sim \sqrt{F}$; $m = \text{const.}$

Aplicar una fuerza a la cuerda (a) (ver 3.1) para que se produzca una onda estacionaria con una longitud de $\lambda = \frac{1}{2}l$ (4 antinodos); entonces aumentar F hasta que la longitud de onda sea $\lambda = l$ (2 antinodos).

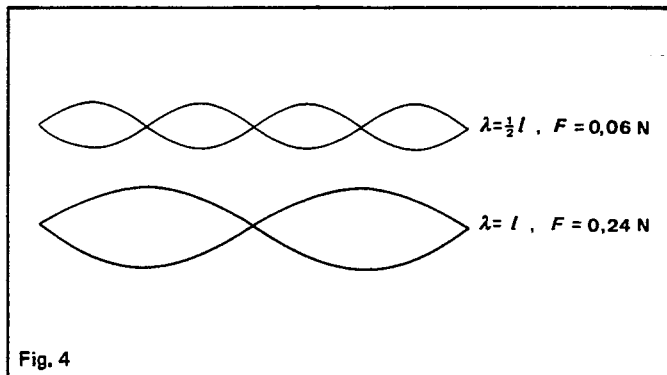


Fig. 4

5.1.2 Verificación de $\lambda = \sqrt{\frac{1}{m^*}}$

Posibilidad 1:

Primero usar la cuerda (a) con una masa sencilla de m y una fuerza F de forma que la longitud de onda λ sea igual a l (2 antinodos). Luego montar la cuerda (b) con una masa cuadruplicada $4m$ y con la misma fuerza F y comparar las dos longitudes de onda.

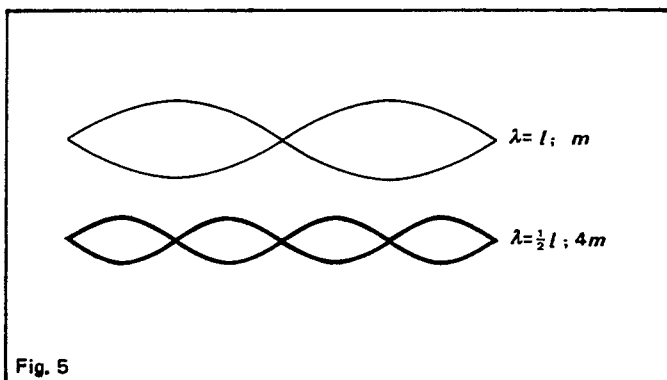


Fig. 5

Posibilidad 2:

Montar la cuerda (c) de tal manera que en la mitad, con una masa sencilla m se forme 1 antinodo ($\lambda = l$) y en la segunda mitad con una masa cuadruplicada $4m$ se formen 2 antinodos ($\lambda = \frac{1}{2}l$).

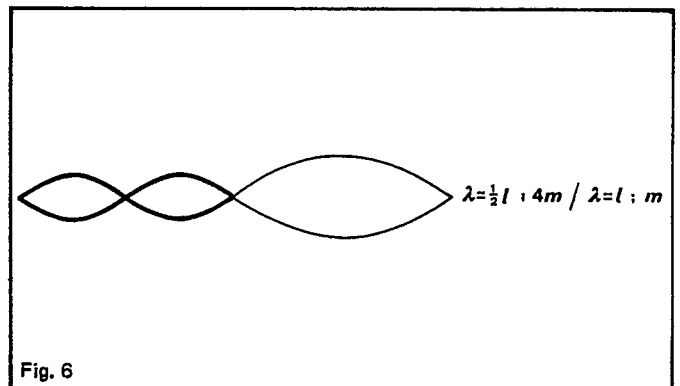


Fig. 6

Los resultados mostrados en resumen en las Fig. 4, 5 y 6 confirman en conjunto con $c = \lambda \cdot f$ que

$$c \sim \sqrt{\frac{F}{m^*}}$$

5.2 Derivación de la relación entre la longitud de onda λ y la fuerza F . Cálculo de la velocidad de propagación c

Medir las fuerzas F que se necesiten para obtener ondas estacionarias con 2, 3 y 5 antinodos en la cuerda (a). Luego mover el soporte (5) al taladro (6) y notar las fuerzas que se necesitan para obtener 1, 2 y 3 antinodos en la cuerda (d). (Ver Tablas 1.1, 1.2 y Parte I de la Tabla 2, Fig. 7).

Para calcular c en la ecuación

$$c = \sqrt{\frac{F}{m^*}} \quad (1a)$$

se necesita también medir la masa específica m^* (masa por longitud); usar una balanza apropiada con un campo de medición en miligramos (por ejemplo: 315 01 y juego de pesas 315 31). (Ver Parte II de la Tabla 2).

Para comparar los valores c obtenidos por (1a) con los valores obtenidos por

$$c = \lambda \cdot f$$

se deberá medir la frecuencia f de la excéntrica por medio de un estroboscopio (451 28). (Ver Parte III de la Tabla 2).

Ejemplos de medición:

Cuerda (a)

Largo $l = 0,485$ m

| Número de antinodos | λ | 2 | 3 | 5 |
|----------------------------|-----------|-------|-------|-------|
| Longitud de onda λ | m | 0,485 | 0,323 | 0,194 |
| Fuerza F | N | 0,24 | 0,1 | 0,04 |

Tabla 1.1

Cuerda (d)

Largo $l = 0,38$ m

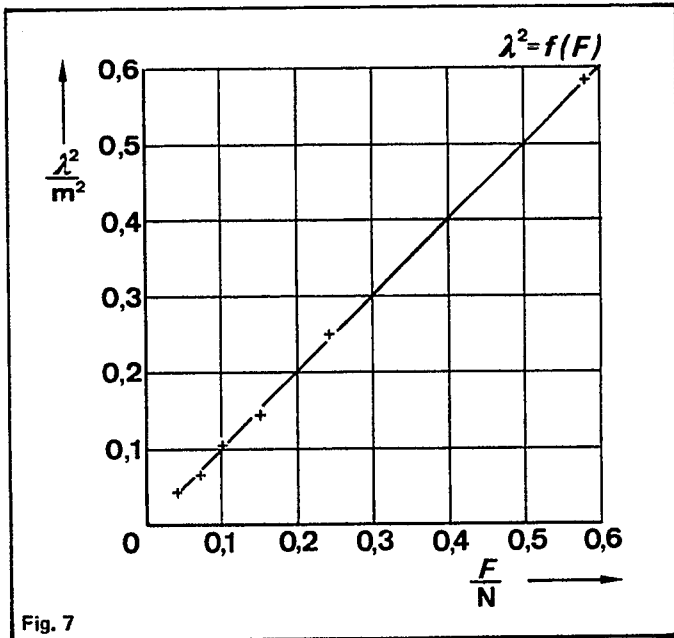
| Número de antinodos | λ | 1 | 2 | 3 |
|----------------------------|-----------|------|------|-------|
| Longitud de onda λ | m | 0,76 | 0,38 | 0,253 |
| Fuerza F | N | 0,58 | 0,15 | 0,07 |

Tabla 1.2

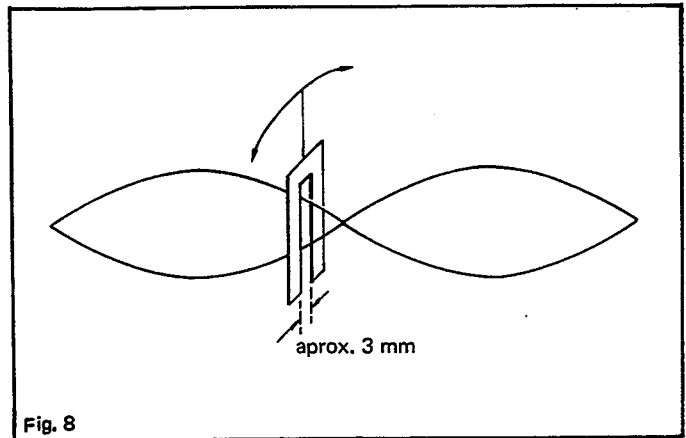
Masa específica $m^* = 0,52 \cdot 10^{-3} \text{ kg m}^{-1}$ (calculado del peso de 0,6 m de cuerda).

| | | | | | | | | |
|-----|----------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| I | λ (de 1.1 y 1.2) | m | 0,76 | 0,485 | 0,38 | 0,323 | 0,253 | 0,194 |
| | F (de 1.1 y 1.2) | N | 0,58 | 0,24 | 0,15 | 0,1 | 0,07 | 0,04 |
| | λ^2 | m^2 | 0,578 | 0,24 | 0,14 | 0,104 | 0,064 | 0,038 |
| II | $c = \sqrt{\frac{F}{m^*}}$ | $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ | 33,4 | 21,48 | 16,98 | 13,87 | 11,6 | 8,77 |
| III | f | $\frac{1}{\text{s}}$ | 44,6 | 44,8 | 44,8 | 44,6 | 44,7 | 44,8 |
| | $c = \lambda \cdot f$ | $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ | 33,9 | 21,73 | 17,02 | 14,41 | 11,31 | 8,69 |

Tabla 2



5.3 Polarización



Colocar el polarizador (sea un trozo de alambre doblado o un trozo de cartón con una ranura) como se muestra en la Fig. 8 y girar lentamente en la dirección indicada por las flechas (se recomienda iluminar con el estroboscopio 451 28). Observar el plano de oscilación antes y después de que la onda haya atravesado el polarizador.

Notas

1. Los números de 5 cifras colocados entre paréntesis son los números de catálogo de los correspondientes aparatos.
2. Los datos e ilustraciones indicados se ofrecen sin compromiso por lo que respecta a los más pequeños detalles de los aparatos. En todo momento nos esforzamos por ajustar siempre nuestro programa de fabricación a los más recientes perfeccionamientos técnicos y científicos.