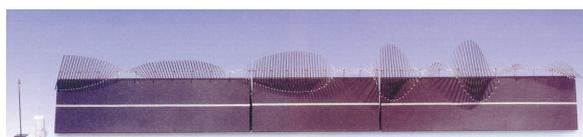


U45011 Ondoscopio per dimostrazioni

Istruzioni per l'uso

5/04 ALF



1. INTRODUZIONE

Lo scopo del ondoscopio per dimostrazioni è mostrare, mediante onde meccaniche, le numerose proprietà e i numerosi comportamenti comuni a vari tipi di onde. L'apparecchiatura è strutturata sulla base del dimostratore di onde realizzato nei primi anni '60 dal Dr. John N. Shive di Bell Telephone Laboratories. Lo scopo di questo manuale è fornire all'operatore un buon grado di familiarità con il funzionamento dell'apparecchio e con le numerose dimostrazioni che esso permette di effettuare. Le dimostrazioni eseguite con questa apparecchiatura possono interessare diversi gradi scolastici, dalle scuole elementari fino alle scuole universitarie.

2. COMPONENTI E SPECIFICHE**

Il dimostratore di onde è composto da:

- una sezione ampia di circa 91,5 cm di lunghezza con settantatre (73) barre di inerzia di 45,7 cm di lunghezza
- una sezione stretta di circa 91,5 cm di lunghezza con settantatre (73) barre a inerzia corte di 22,8 cm di lunghezza
- una sezione con conicità esponenziale di circa 59,7 cm di lunghezza con barre di 45,7 cm ad una estremità e barre di 22,8 cm sull'altra estremità

(queste tre sezioni sono realizzate in tondino d'acciaio da 5/32 pollici con una fessura rettangolare zigrinata al centro per alloggiare un filo di acciaio per molle di circa 0,040 pollici quadrati, saldato in sede con una lega al 5% di argento e al 95% di stagno. Le basi a forma di "A" sono piatte, in modo da facilitare la conservazione e il trasporto dell'appar-

recchiatura e allo stesso tempo da proteggere le barre da eventuali incidenti. Alle estremità dei tondini è applicata, su un lato, vernice fluorescente);

- un morsetto terminale che si collega a qualsiasi tondino desiderato e che determina la riflessione;
- un ammortizzatore composto da uno stantuffo leggero che si fissa a qualsiasi barra e dissipa l'energia dell'onda in un recipiente d'acqua, riducendo al minimo l'effetto della riflessione;
- due accoppiatori per collegare assieme le diverse sezioni del dimostratore.

3. INSTALLAZIONE

Afferrando le estremità di ciascuna metà della base, rovesciarla con cautela, liberando le barre dalla striscia in espanso, nella misura necessaria ad impedire una torsione eccessiva del filo d'acciaio centrale (fig. 1-A). Collegare i dispositivi di fissaggio in metallo dotati di fessura orizzontale alla vite presente sull'estremità, per formare la base ad "A". L'apparecchiatura è ora pronta per essere utilizzata. Per impedire danni accidentali al dimostratore di onde, l'apparecchio deve essere conservato e trasportato in posizione appiattita in modo tale che le barre trasversali siano protette dalla base.

4. FUNZIONAMENTO

Le onde vengono prodotte spostando semplicemente le barre in direzione verticale, in genere quelle poste alle estremità (fig. 2-A). **ATTENZIONE: non utilizzare**

**Specifiche e design soggetti a modifiche.

un'ampiezza superiore a quella necessaria per le dimostrazioni. Grandi ampiezze, soprattutto in caso di impulsi brevi o lunghezze d'onda brevi, possono danneggiare in modo permanente la molla centrale o allentare le barre sulla molla.

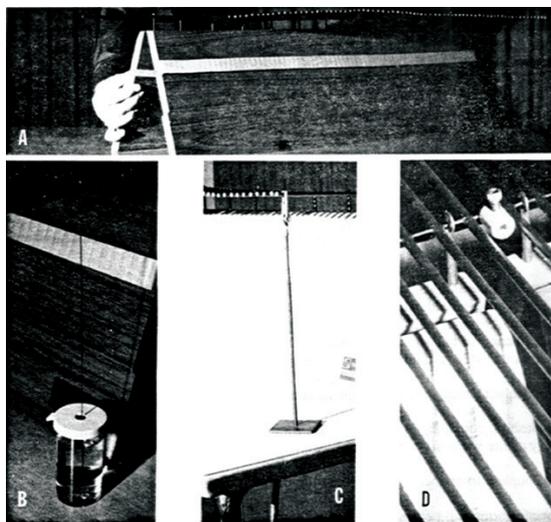


Figura 1:
A – preparazione della base; B – ammortizzatore; C – morsetto terminale o morsetto nodale; D – accoppiamento di due sezioni

5. DIMOSTRAZIONI

A. Propagazione delle onde

Imprimere alla barra posta sull'estremità del dimostratore di onde ampie (lente) una leggera ma decisa perturbazione alto-basso. Ripetere l'azione e solo questa volta inviare un piccolo impulso seguito da un impulso più grande (fig. 2-A, B). Le due onde viaggiano alla stessa velocità. L'effetto della riflessione può essere ridotto al minimo utilizzando un ammortizzatore riempito con acqua. Collegare lo stantuffo dell'ammortizzatore alla barra di inerzia all'estremità più lontana, in un punto situato a metà tra il filo centrale e l'estremità del tondino (fig. 1-B). Ripetere poi la procedura con il dimostratore di onde strette (veloci). Per ridurre al minimo l'effetto della riflessione, collegare lo stantuffo dell'ammortizzatore alla barra all'estremità più lontana, nel punto in cui l'ammortizzatore potrà essere quanto più vicino possibile al perno. La velocità delle onde può essere misurata cronometrando un singolo impulso mentre compie diverse corse, riflettendosi sull'estremità libera o sull'estremità dotata di morsetto (fig. 1-C).



Figura 2:
A, C – propagazione di perturbazioni; C, D – onde periodiche

B. Onde periodiche

Con l'ammortizzatore collegato al dimostratore di onde lente per un effetto di riflessione minimo, inviare perturbazioni periodiche con diverse frequenze. Osservare come la lunghezza d'onda dipenda dalla frequenza (fig. 2-C, D). Ripetere la procedura con il dimostratore di onde veloci e osservare la relazione tra la lunghezza d'onda e la velocità. Questa dipendenza della lunghezza d'onda dalla velocità e dalla frequenza d'onda può essere dimostrata in modo più semplice quando i due dimostratori di onde sono accoppiati (fig. 8-A).

Notare che nella perturbazione viene trasmessa energia: si tratta di una proprietà generale delle onde che, in linea di principio, potrebbe essere utilizzata per scaldare l'acqua nell'ammortizzatore o per altri scopi.

C. Riflessione di onde

Mantenendo libera l'estremità più lontana del dimostratore di onde lente, produrre un'unica cresta ben definita che attraversi il dimostratore. Poiché non esiste alcun meccanismo attraverso il quale l'energia possa essere estratta all'estremità, l'onda viene completamente riflessa (fig. 3-A, B, C, D). Notare che la cresta si riflette come una cresta e che un cavo d'onda si riflette come un cavo d'onda, ossia la fase rimane inalterata. Un'osservazione attenta rivela, in genere, la presenza di una piccola ondulazione che segue la perturbazione principale. Ciò può essere utilizzato per determinare la direzione di propagazione delle perturbazioni nelle fotografie. A questo punto, collegare un morsetto all'estremità più lontana e ripetere. Poiché non esiste alcun meccanismo attraverso il quale l'energia possa scappare attraverso l'estremità dotata di morsetto, l'onda viene riflessa (fig. 3-E, F, G, H). Notare che l'onda riflessa viene invertita in modo proporzionale all'onda iniziale. La cresta si riflette come un cavo d'onda e un cavo d'onda come una cresta, la fase viene invertita di 180° . In un modello pratico questo fenomeno si spiega con il fatto che, dal momento che l'estremità deve essere un nodo, l'onda riflessa deve essere sfasata rispetto all'onda incidente all'estremità. Riepilogando, non si verifica alcuna inversione di fase in seguito a riflessione dall'estremità libera mentre si verifica un'inversione di fase di 180° in seguito a riflessione dall'estremità dotata di morsetto. Simili comportamenti si osservano per le riflessioni delle onde sonore, elettriche ed elettromagnetiche.

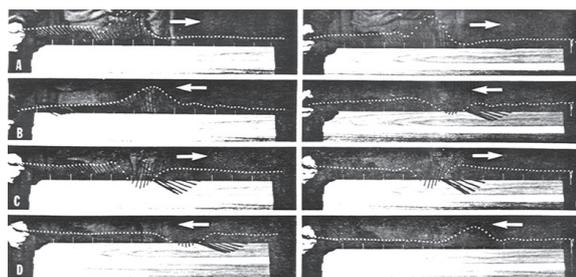


Figura 3.
Da A a D – riflessione dall'estremità libera; da E a H – riflessione dall'estremità dotata di morsetto

D. Interferenza costruttiva e distruttiva di onde, sovrapposizione

Imprimere contemporaneamente creste o perturbazioni brevi verso l'alto dalle due estremità del dimostratore di onde a velocità ridotta (fig. 4-A, B). Osservare che le ampiezze si sommano nel loro punto di interferenza. Ripetere producendo contemporaneamente una cresta da un'estremità e una perturbazione verso il basso o un cavo d'onda dall'altra estremità (fig. 4-C, D). Osservare che le ampiezze si sommano nel loro punto di interferenza. In entrambi i casi una volta che si superano reciprocamente, le onde restano inalterate (fig. 4-E).

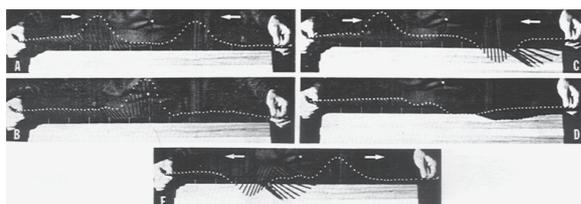


Figura 4.
A, B – interferenza di onde in fase; C, D – interferenza di onde sfasate; E – onde inalterate dopo l'interferenza

E. Onde stazionarie e risonanza

L'interferenza di onde periodiche può essere osservata inviando perturbazioni da un'estremità e permettendo loro di riflettersi sia dall'estremità libera che dall'estremità dotata di morsetto. Inizialmente, applicare il morsetto all'estremità più lontana. L'estremità tenuta in mano e guidata è „praticamente“ fermata dal morsetto, per cui ci sarà un'inversione di fase subito dopo la riflessione alle due estremità. Inviando onde periodiche della frequenza appropriata da un'estremità, la risonanza può essere stabilita in qualsiasi modalità (fig. 5). Onde successive vengono avviate solo quando le onde riflesse dall'estremità più lontana ritornano all'estremità guidata. È necessaria una certa pratica per individuare le frequenze appropriate. Un feedback di rilevamento prodotto dall'apparecchio contribuisce notevolmente a stabilire le frequenze risonanti. Notare che la lunghezza del dimostratore di onde è sempre un multiplo intero della mezza lunghezza d'onda.

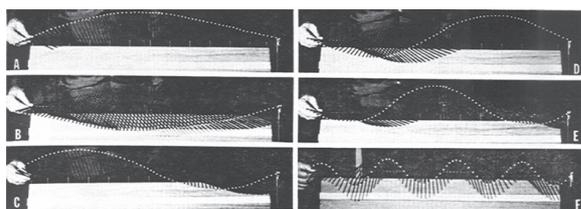


Figura 5.
Onde stazionarie con nodi alle due estremità. A, B – modalità 1; C, D – modalità 2; E – modalità 3; F – modalità 8.

Se l'estremità più lontana è lasciata libera, la risonanza si produrrà nuovamente in corrispondenza di varie frequenze con un antinodo all'estremità libera e un nodo all'estremità guidata (fig. 6). Notare che la lunghezza è un multiplo dispari di un quarto della lunghezza d'onda.

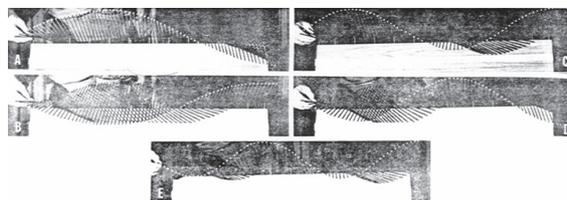


Figura 6.
Onde stazionarie con un nodo ad un'estremità. A, B – modalità 2; C, D – modalità 3; E – modalità 4.

Un terzo modo per produrre onde stazionarie è quello di utilizzare antinodi alle due estremità. Questa procedura è piuttosto difficile e richiede un po' più di pratica. Tenendo molto allentata l'estremità del filo o la barra all'estremità situata vicino al filo, possono essere prodotte onde stazionarie con antinodi su ogni estremità (fig. 7). Queste modalità sono simili a quelle che hanno origine nei tubi risonanti aperti, la cui lunghezza è sempre un multiplo intero della mezza lunghezza d'onda.

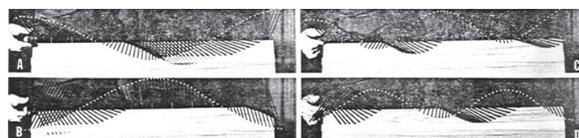


Figura 7.
Onde stazionarie con antinodi alle due estremità. A, B – modalità 2; C, D – modalità 4.

F. Adattamento d'impedenza

Se il dimostratore di velocità delle onde lente è accoppiato con il dimostratore di velocità delle onde veloci (fig. 1-D), una parte significativa dell'onda viene riflessa sul confine, poiché le impedenze delle due sezioni sono piuttosto diverse (fig. 8-B, C). Questo è il motivo per cui il suono non viene trasmesso facilmente dall'aria all'acqua e viene per lo più riflesso.

Se la sezione conica viene ora accoppiata con la sezione larga e con la sezione stretta, l'onda viene trasmessa con una riflessione ridotta sul confine (fig. 8-D, F). La sezione decrescente funge da “trasformatore” di adattamento d'impedenza. Molti circuiti elettrici devono essere dotati di trasformatori di adattamento d'impedenza. Un altro esempio interessante in merito è rappresentato dalla funzione dell'orecchio medio che

contiene tre ossa sottili. L'energia del suono che entra nell'orecchio deve entrare nel fluido dell'orecchio in-

terno (o coclea). L'orecchio medio funge da dispositivo di adattamento d'impedenza tra l'aria e la coclea.

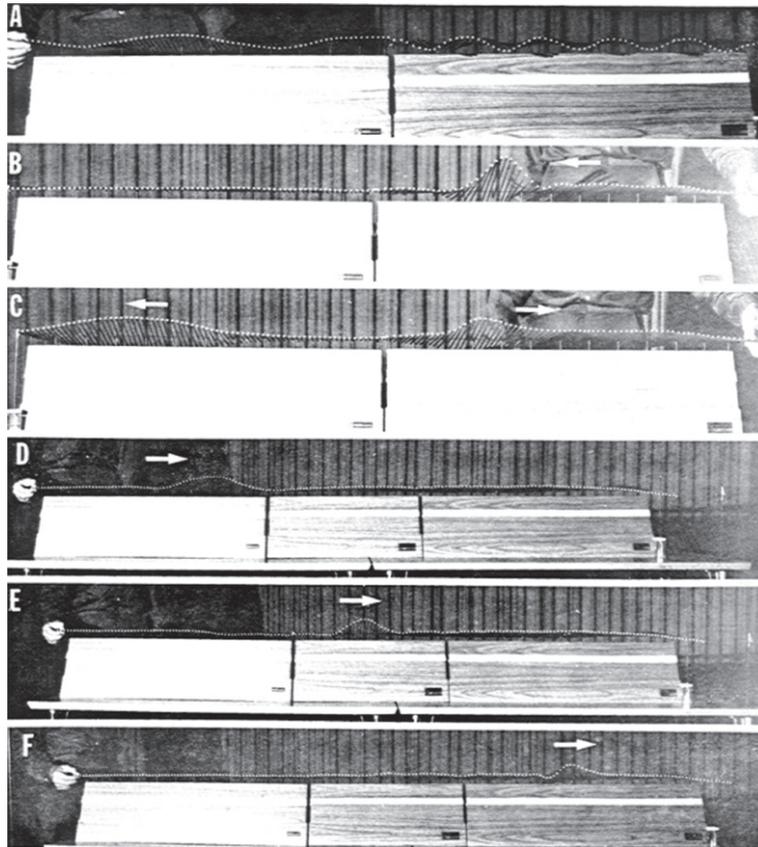


Figura 8.
B, C – Riflessione parziale sul confine; D, E, F – adattamento d'impedenza