



**PRACTICA Nº 2 : ONES ESTACIONÀRIES EN UNA CORDA.  
 RESONÀNCIA.**

LLUÍS Nadal i Balandras.

**Material:** 4 suports, 2 nous, 2 polítics, pinça, aïllant, làmina metàlica, fil, 2 sergents, 8 pesos de 2g, bobina de 1000 espises, nucli de ferro, diode, 2 cables de connexió, font d'alimentació de 12V de corrent altern.

**Fonament.**

Suposem un oscil·lador que vibra amb una freqüència  $N$  i una amplitud donada per:  $y = A \sin 2\pi Nt$ , un punt d'una corda unida a l'oscil·lador que estigui a una distància  $x$ , tindrà una amplitud:  $y = A \sin(2\pi Nt - 2\pi x/\lambda)$  on  $\lambda$  és la longitud d'ona,  $A$  l'amplitud màxima,  $N$  la freqüència, Si l'extrem de la corda esta fix, l'ona es reflexarà i es mourà en sentit  $-x$  segons l'equació:

$y' = A \sin(2\pi Nt + 2\pi x/\lambda)$  però amb una amplitud oposada a la inicial, i com que es superposarà amb l'ona incident l'amplitud resultant serà la diferència entre les dues:

$$Y = y' - y = 2A \sin(2\pi x/\lambda) \cos(2\pi Nt)$$

Els punts que compleixen que  $\sin(2\pi x/\lambda) = 0$  o sigui quan  $x = n\lambda/2$  tindran una amplitud nul·la i es diuen nodes. Els que compleixen  $\sin(2\pi x/\lambda) = \pm 1$ , o sigui  $x = (2n+1)\lambda/4$  tindran una amplitud màxima i es diuen ventres. Els altres punts tindran una amplitud intermitja. Lo característic és que la posició de nodes i ventres és fixa i ademés no hi ha transmissió d'energia d'un punt a l'altre de la corda (donç els nodes no es mouen) i per això es diuen ones estacionàries. La distància entre dos nodes o dos ventres consecutius és  $\lambda/2$  que s'anomena semilongitud d'ona. En la figura 1 es veuen l'ona incident, reflexada i estacionària per 4 intervals de temps diferents.

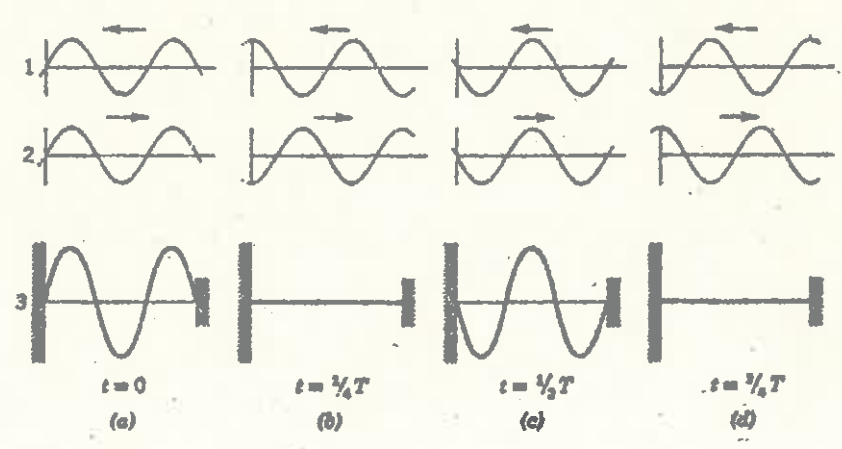
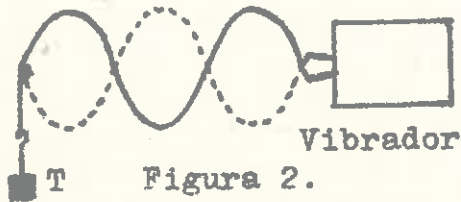


Figura 1.

RESONANCIA.



Si el vibrador (la làmina) té una amplitud petita, podem considerar que esta fix, i també ho esta l'extrem de fil que esta en contacte amb la politja. Si la longitud de fil no coincideix amb un nombre exacte de semilongituds d'ona, llavors l'ona reflexada variarà de fase respecte al vibrador a l'atzar, el resultat serà que l'ona estacionaria es mourà de dreta a esquerra amb una amplitud que en promig sera petita. Si la longitud del fil és un múltiple sencer de semilongituds d'ona, llavors l'ona reflexada esta en fase amb el vibrador, l'ona estacionaria es veurà fixa i l'amplitud sera gran. En aquest cas es diu que la corda esta en resonància amb el vibrador, o bé que la seva freqüència coincideix amb la freqüència natural de vibració de la corda.

La velocitat de propagació d'una ona en una corda és:

$v = (F/\rho)^{1/2}$  on  $F$  és la tensió de la corda i  $\rho$  la seva densitat linial. Com que  $v = \lambda N$  i la resonància es produeix quan la longitud de la corda  $L$ , coincideix amb un múltiple sencer de semilongituds d'ona  $L = n\lambda/2$ , combinant les equacions anteriors:

$N = (n/2L)(F/\rho)^{1/2}$ , si fem  $n = 1, 2, 3, \dots$  obtindrem les diferents freqüències en que pot vibrar la corda tal com esta representat a la figura 3.

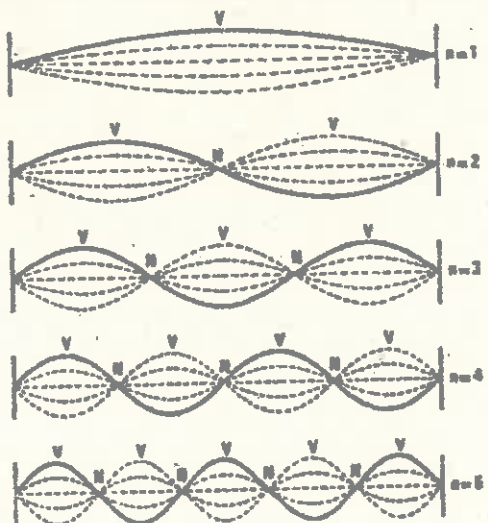


Figura 3.

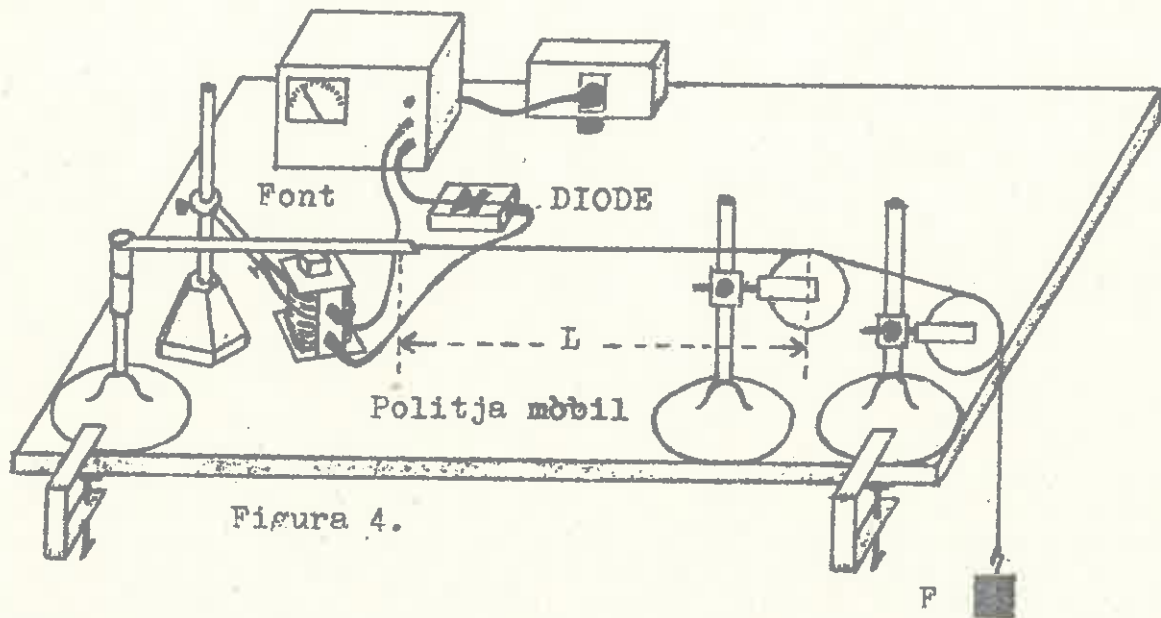


Figura 4.

#### Funcionament del vibrador.

Esta format per una làmina que vibra sota l'acció d'un electroimant connectat al corrent altern ( $12\text{ V} \sim$ ). El corrent altern dona 50 "impulsos" positius i 50 de negatius en un segon. En aquestes condicions la freqüència del vibrador és 100 Hz. Si connectem un diode en serie amb la bobina, aquest només deixa passar els impulsos positius (o els negatius, segons com es connecti) i la freqüència sera de 50 Hz. S'ha de procurar de no treure el nucli mentre la bobina estigui connectada donç l'intensitat podria ser massa gran.

#### METODE OPERATIU.

Fem el muntatge de la figura 4. El fil ha de tenir uns 2 m de longitud i la politja fixa ha de sobresurtir de l'extrem de la taula i ha de ser més baixa que la politja mòbil.

Connectem el diode en serie, així sera  $N = 50\text{ Hz}$ . A continuació hem d'ajustar la posició de l'electroimant: connectem la font i desplaçem la politja mòbil fins observar una semilongitud d'ona amb la màxima amplitud, llavors variem la posició de la bobina a veure si l'amplitud augmenta més però sense que la làmina toqui el nucli. Una vegada ajustat l'electroimant ja no l'hem de moure en tota la pràctica donç afectaria als resultats.

1) Dependència entre L i n .

Prendrem 3 pesos de 2g en el fil i anem desplaçant la politja mòbil fins observar 1, 2, 3, ... semilongituds d'ona i en cada cas mesurarem la distància L entre la politja i la làmina, en la qual s'hagi observat la resonància. A la resonància l'amplitud és màxima i els nodes vibren lleugerament. Fem una taula de L i n i es representa gràficament ( L en ordenades i n en abscises). Com que N, F i  $\rho$  les mantenim constants  $L = k n$  .

2) Dependència entre L i F.

Prendrem successivament 4, 5, 6, 7, i 8 pesos de 2g i mesurarem en cada cas la longitud L necessària per observar 2 semilongituds d'ona. A més utilitzarem la longitud corresponent a n=2 i 3 pesos de l'experiència anterior. Fem una taula L-F i després una de L<sup>2</sup> i F i la representem gràficament. Com que ara n=2, N=50 Hz,  $\rho = ct.$ ,  $L^2 = k F$ .

3) Dependència entre N i n.

Prendrem 3 pesos en el fil i desplaçem la politja fins observar 2 semilongituds d'ona, a continuació variem la freqüència a 100 Hz, ja sigui fent un pont entre els extrems del diode o bé connectant la bobina directament a la font. Observarem 4 semilongituds d'ona ( pot ser s'haurà de desplaçar la politja lleugerament). Ara són constants L, F i  $\rho$  i per tant  $n = k N$  .

4) Polarització.

Quan la corda està en resonància podem observar que la vibració només té lloc en un pla i s'en diu que està polaritzada. Si toquem lleugerament la làmina podem fer variar el pla de polarització. En el cas més general les ones vibren en un pla a l'atzar i es diu que no estan polaritzades. Un cas especial és quan el pla gira amb velocitat angular constant i es diu que està polaritzada circularment. També pot estar-ho elípticament i es pot veure apretant la làmina de manera adequada (és una mica difícil), si no surt demane- ho al professor.

5) Variació de la velocitat de propagació al variar de medi.

Ara posem la meitat fil de coure i l'altra fil de coure, units amb un nus. Hi posem un pes de 50g i desplaçem la politja fins que els dos fils entrin en resonància (no ho faig amb tanta facilitat com un fil sol) i mesurarem les longituds d'ona en cada fil; per que no coincideixen?