

Állóhullám vizsgálata kötélen

Mérést végezte:

Seres Attila, 2019.nov.15.

Mérés célja:

A hullámok alapvető tulajdonságainak tanulmányozása kötélen kialakult állóhullámok segítségével két fő részben. Az elsőben a húr egyes módusokhoz tartozó sajátfrekvenciáinak megállapítása a feladat adott terhelések esetén, ill. a terjedési sebesség és a frekvencia összefüggésének igazolása. Míg a másodikban a hullám terjedési sebességét a kötélen anyagi minőségének és a megterhelésének a függvényében vizsgáljuk.

Méréshez felhasznált eszközök:

Vastag és vékony rugalmas kötélen, állócsiga, 20g-os súlyok, 10g-os súlytartó kampó, szinuszhullám-generátor, kötélvibrátor, mérőszalag, analitikai mérleg

Terjedési sebesség meghatározása

Mérés menete

Mindkét mérésnél a vibrátorba fogtuk a kötélen egyik végét, míg a másikat úgy rögzítettük, hogy átvettük az állócsigán és a végére súlyokat akasztottunk. Ezután a szinuszhullám-generátor segítségével különböző, általunk meghatározott frekvenciával és amplitúdóval tudtuk rezgetni a kötelet, aminek a viselkedéséből az ismert adatok felhasználásával tudunk következtetéseket levonni. Az első kísérletben 90 g súlyt akasztottunk rá és úgy figyeltük meg, hogy a különböző módusoknál (egyértelmű csomópontokat és maximális amplitúdókat adó rezgésállapot) milyen frekvenciát kell alkalmazni. (n a félhullámok száma(csomópontok+1))

Mért adatok:

L [cm]
155
m [g]
90

n	f [Hz]	Δf [Hz]
2	10	0,3
3	15,1	0,3
4	20,2	0,1
5	25,1	0,1
6	30,1	0,1

A frekvenciapárok arányai és a terjedési sebesség:

A megadott képlettel számolva: $v = \lambda_n \cdot f_n = \frac{2L}{n}$

n	f [Hz]	Δf [Hz]	λ [m]	v [m/s]	várt f_n/f_{n+1}	mért f_n/f_{n+1}
2	10	0,3	1,550	15,50	2/3=0,6667	0,6623
3	15,1	0,3	1,033	15,60	3/4=0,75	0,7475
4	20,2	0,1	0,775	15,66	4/5=0,8	0,8048
5	25,1	0,1	0,620	15,56	5/6=0,8333	0,8339
6	30,1	0,1	0,517	15,55		

A várt és mért adatok tehát közel egyezők, a terjedési sebességek frekvenciától függetlenül közel azonosak, vagyis a mérés sikeresnek nevezhető.

A terjedési sebesség anyagi minőségtől való függése

Mérés menete:

Ennek a mérésnek a során a vékonyabb kötéllal dolgozunk és a súlyokat fokozatosan növeljük 50-ről 170g-ra végig az előbb már kimért n=3-as módusnál maradva (három félhullám, két csomópont). Minden súlynál három alkalommal hangoljuk újra a maximumot keresve a szinuszhullám-generátort a már kipróbált n=3-as módus esetében.

Mért adatok:

m [g]	f [Hz]		
	1.	2.	3.
50	45,4	45,3	45,7
70	57,9	58,2	58,1
90	65,4	65,0	65,7
110	71,7	71,9	71,6
130	78,1	77,9	77,9
150	83,6	83,6	83,5
170	88,8	88,8	88,8

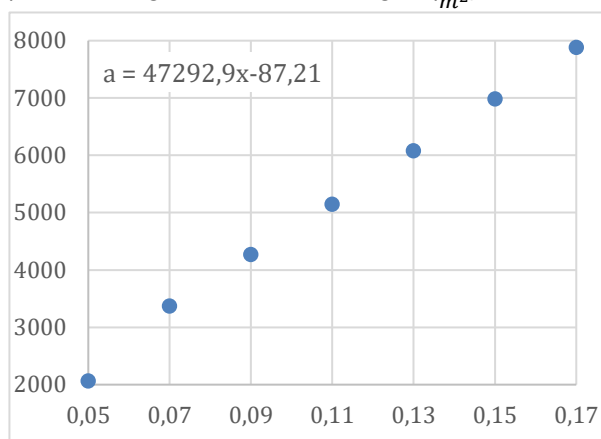
Referencia kötéll	
L [m]	m [g]
4	0,8
Csomópontok száma:	
2	
Félhullámok száma:	
3	

Kiértékelés

A cél, hogy a feladatlapon levezett összefüggést igazoljuk, miszerint $f^2 = \frac{n^2 g}{4L^2 \mu} \cdot m$ vagyis, hogy f^2 és m között egy $f^2 = a \cdot m$ típusú, lineáris összefüggés áll fenn, ahol $a = \frac{n^2 g}{4L^2 \mu}$. Jelen összefüggésekben f a frekvencia (Hz), n a félhullámok száma (csomópontok száma+1), $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$, L a rezgő rugalmas szál hossza (m) és μ pedig a „lineáris sűrűsége” ($\frac{kg}{m^2}$)-ben.

Számítások és diagramok

m [g]	f [Hz]			f _{átl} [Hz]	f _{átl} ² [Hz ²]
	1.	2.	3.		
50	45,4	45,3	45,7	45,5	2067,2
70	57,9	58,2	58,1	58,1	3371,7
90	65,4	65,0	65,7	65,4	4272,8
110	71,7	71,9	71,6	71,7	5145,7
130	78,1	77,9	77,9	78,0	6078,8
150	83,6	83,6	83,5	83,6	6983,4
170	88,8	88,8	88,8	88,8	7885,4



Az illesztett egyenes meredekségéből $a = 47292,9$ és ebből $\mu = \frac{n^2 g}{4L^2 a} = \frac{3^2 \cdot 9,81}{4 \cdot 1,55^2 \cdot 47292,9} = 1,943 \cdot 10^{-4} \frac{kg}{m^2}$.

A referenciakötélre kiszámolva pedig: $\mu_2 = \frac{m}{L} = \frac{0,0008}{4} = 2 \cdot 10^{-4} \frac{kg}{m^2}$

Látható, hogy a két érték közel azonos, tehát a számítást a méréssel igazoltnak vettem.

Diszkusszió:

Mind a két mérés sikeresnek nevezhető, az állóhullámokra vonatkozó vizsgált összefüggéseinket igazoltuk: a terjedési sebesség független a frekvenciától, a frekvenciák a hullámhosszok függvényében elvárt módon aránylanak az egyes módusoknál, valamint tapasztaltuk, hogy a frekvencia, ill. a terjedési sebesség függ a feszítőerőtől.