

Jegyzőkönyv

Állóhullám kötélen

Mérési adatok:

Mérést végezte: Takács Roxána

Mérőtárs neve: Graning Sára (1. mérőpár)

Mérés időpontja: 2019.03.21.

Jegyzőkönyv leadásának dátuma: 2019.03.28.

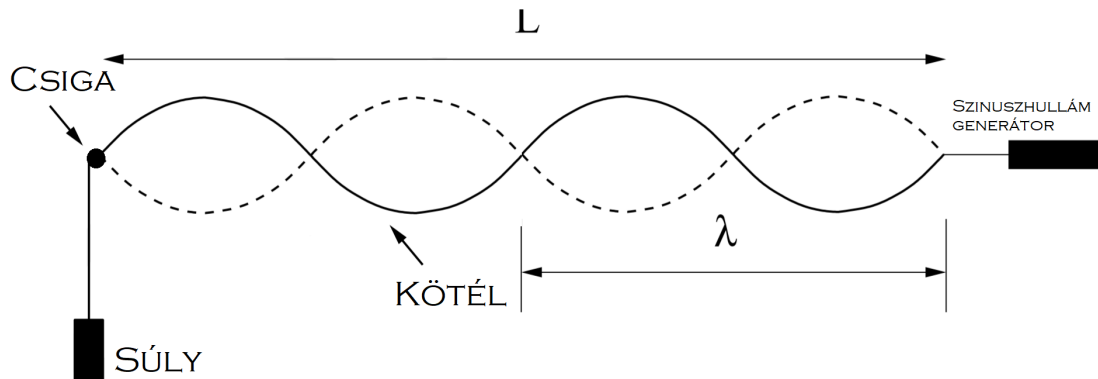
A mérés célja:

Kifeszített kötélen az állóhullámok megfigyelése és jellemzése, a hullámok terjedési jellemzőinek (sebesség, hullámhossz, frekvencia) mérése, a frekvencia és a hullámhossz összefüggésének vizsgálata valamint a saját-frekvencia megállapítása.

A mérőeszközök

- Különböző átmérőjű kötelek (egy vastagabb és egy vékonyabb)
- Változtatható amplitúdójú és frekvenciájú rezgéseket létrehozó szinuszhullám-generátor (vibrátor)
- Mérőszalag
- Hitelesített súlyok

A mérés összeállítása:



A mérés rövid leírása

A mérés két részre bontható és két különböző kötéllal kellett elvégezni.

Terjedési sebesség meghatározása

Az első részében a vastagabb kötélet használtam. Lemértem ennek a hosszát feszített állapotban. Ezután állandó feszítőerő (amit a csigán átvett súly (90 g) állandóságával értem el) mellett vizsgáltam a hullám sajátfrekvenciáját különböző számú módusok (n) esetén, $n = 2$ -től $n = 6$ -ig. Valamint megállapítottam a mérési bizonytalanságot. Ezekből vizsgálható a frekvencia és a hullámhossz kapcsolata.

A terjedési sebesség anyagi minőségtől való függése

A mérés második részében a kötelek feszítő súlya 50 g-ról 170 g-ig 20 g-onkénti emelésével meghatároztam a sajátfrekvenciát $n = 2$ módus esetén. Ekkor minden esetben három mérést végeztem, hogy pontosabb eredményeket kapjak.

Mért adatok

Terjedési sebesség meghatározása:

A kötéll hossza: L [cm]	155
---------------------------	-----

Fél hullámhossz: n	Sajátfrekvencia: f [Hz]	Mérési bizonytalanság: Δf [Hz]
2	10,0	0,3
3	14,7	0,2
4	19,7	0,2
5	24,4	0,2
6	29,3	0,2

A terjedési sebesség anyagi minőségtől való függése:

Referencia kötéll	
A referenciakötél hossza: L [m]	A referenciakötél tömege: m [g]
4	0.8

Csomópontok száma:	2
--------------------	---

g [$\frac{m}{s^2}$]	9,81
-------------------------	------

Súly: m [g]	f_1 [Hz]	f_2 [Hz]	f_3 [Hz]	Átlagos frekvencia [Hz]
50	45,2	45,4	45,3	45,30
70	56,3	56,3	56,3	56,30
90	65,5	65,4	65,6	65,50
110	72,4	72,4	72,5	72,43
130	77,3	77,2	77,4	77,30
150	82,4	82,3	82,4	82,36
170	89,7	89,5	89,6	89,60

Kiértékelés:

A hullámhossz és a frekvencia kapcsolatának vizsgálata:

A mérésleírásban megadott képletek alapján:

$$v = \lambda_n f_n$$

$$\lambda_n = \frac{2L}{n}$$

Ahol λ a hullámhossz, L a kötéL hossza, n pedig a félhullámhosszak (módusok) száma. Ezek alapján a sebesség:

$$v = \frac{2L}{n} \cdot f_n$$

λ_n [m]	v [$\frac{m}{s}$]	mért $\frac{f_n}{f_{(n+1)}}$	várt $\frac{f_n}{f_{(n+1)}} = \frac{n}{n+1}$
1.550	15.50	0.6802	0.667
1.033	15.18	0.7461	0.75
0.775	15.26	0.8073	0.8
0.620	15,12	0.8327	0.833
0.516	15,13	-	-

A frekvenciák arányának az n -ek arányával kéne megegyeznie, a mérési hibákat is belevéve ez teljesül.

Terjedési sebesség függése az anyagi minőségtől

A hullám terjedési sebessége az alábbi összefüggés szerint függ a kötéL tulajdonságaitól:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\rho A}} = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

A kötelet feszítő erő megegyezik a kötéL végén lógó testre ható nehézségi erővel:

$$F = mg$$

Valamint a hullám terjedési sebessége egyenlő a frekvencia (f) és a hullámhossz (λ) szorzatával is:

$$v = \lambda f$$

Ha adott m esetén úgy állítottuk be a frekvenciát, hogy a kialakult állóhullám esetén n db fél hullámhossz fér rá az L hosszúságú rezgő kötéLre, akkor

$$\lambda = \frac{2L}{n}$$

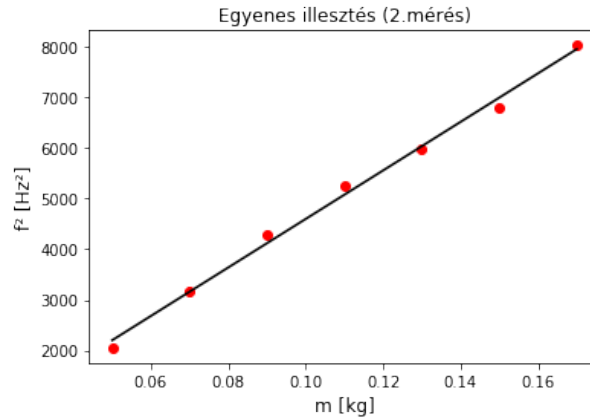
Ezekből kifejezhető:

$$f^2 = \frac{n^2 g}{4L^2 \mu} m = am$$

Kiszámoltam az átlagos frekvencia négyzetét, ami az ábrázoláshoz kellett.

Ábrázoltam az f^2 értékeket az m értékek függvényében, és egyenest illesztettem ezekre a pontokra.

m[kg]	f_{atlag} [Hz]	f_{atlag}^2 [Hz ²]
0.05	45,30	2052,09
0.07	56.30	3169,69
0.09	65,50	4290,25
0.11	72,43	5246,10
0.13	77,30	5975,29
0.15	82,36	6783,16
0.17	89,60	8028,16



Az illesztett egyenes egyenlete:

$$y = 47928,94461881 \cdot x - 194,36183569$$

Ebból az egyenes meredeksége:

$$a = 47928,94461881$$

Ebból a μ -t ki tudjuk számolni:

$$\mu_1 = \frac{n^2 g}{4L^2 a} = \frac{3^2 \cdot 9,81}{4 \cdot 1,55^2 \cdot 47928,94461881} = 4.2706 \cdot 10^{-4} \frac{kg}{m^2}$$

A referenciakötélre kiszámított μ pedig

$$\mu_2 = \frac{m}{L} = \frac{0,0008}{4} = 2 \cdot 10^{-4} \frac{kg}{m^2}$$

Hibaforrások:

A mérés során több helyen is felléptek hibaforrások. Mindkét mérés esetében hibát jelentett, hogy a fonalat nem lehetett rendesen rögzíteni a vibrátorhoz, és emiatt a rögzítése pont nem maradt egy helyben. Fellép továbbá a frekvenciamérés bizonytalansága, a kötéll hossz mérésének leolvasási hibája és a kötéll nem lineáris viselkedése. Továbbá hibát okozhatott a súlyok lengése és forgása és a kerekítés is.

Diszkusszió

A mérés során beláttuk, hogy a terjedési sebesség független a frekvenciától, azonban a feszítőerőtől függ. A második méréssorozatban felhasználva a már korábban vizsgált összefüggéseket meghatároztuk a kötéll lineáris sűrűségét. A kapott értékek az hibahatáron belül vannak (a mért és a kiszámított értékek nagyságrendileg megegyeznek), így elfogadhatók.