

Biofizikai gyakorlatok (Jegyzőkönyv)

A gyakorlat címe: Rezonancia		A gyakorlatvezető neve: Juriga Dávid		
A mérést végző hallgató vezetékneve: Demeter	Utóneve: Péter	Neptun kód: D4KXLI	Kar: VIK	Csoport: BME3
A gyakorlat időpontja: 2019. 02. 19.	A jegyzőkönyv leadásának határideje:		2019. 02. 26.	

A) A gyakorlat célja, feladatok:

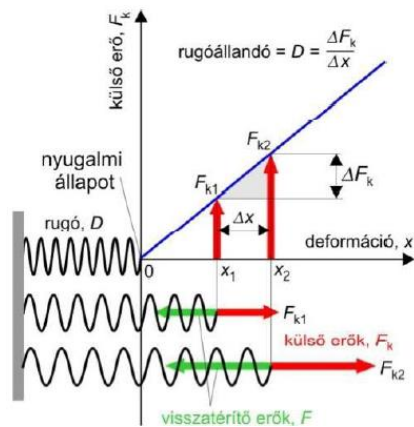
A gyakorlat során vizsgáltuk a rugók mozgását, működését, rezonancia jelenségét és nagyvonalúan az atomerő-mikroszkóp (AFM) alapjaival.

A mérőtárs(ak) neve: **Balogh Kornél, Nagy Tamás, Áron Mircse, Major Béla**

B) A használt anyagok és eszközök, egyéb fontosabb körülmények:

Digitális oszcilloszkóp, függvénygenerátor; teljesítmény erősítő; 40g és 80g-os súlyok; lézer; gerjesztő elektromágnes; rugólap; tükör; skála; AFM felület

C) A gyakorlat elméletének rövid összefoglalója **ábrákkal** illusztrálva, a mérés elve, a mérési elrendezés, az adatok kiértékeléséhez szükséges legfontosabb összefüggések, továbbá a tananyag olvasása közben felmerült **kérdések**: (Ez a rész **ne legyen az itt rendelkezésre álló helynél hosszabb és hivatkozásokat ne tartalmazzon!**)



A rugalmasság azt jelenti, hogy a test a mozgás végén teljes mértékben az eredeti állapotba tér vissza. A rugóállandót meghatározhatjuk úgy, hogy különböző tömegek terhelésére mekkora deformációval reagál. Ehhez használjuk a Hooke-törvényt és a nehézségi erőtvénnyt.

$$F = -Dx \text{ [N]} \quad D: \text{rugóállandó} \left[\frac{\text{N}}{\text{m}} \right] \quad x: \text{deformáció} \text{ [m]}$$

$$F = mg \text{ [N]} \quad m: \text{tömeg} \text{ [kg]} \quad g: \text{gravitációs gyorsulás} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

Ezek alapján az erő és a deformáció lineáris függvény meredekségével meghatározható a rugóállandó.

Amennyiben ismernénk a rugólap tömegét, úgy kiszámítható lenne sajátfrekvenciából is a rugóállandó a következő képlettel:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{D}{m}} \text{ [Hz]}$$

A harmonikus rezgés amplitúdója a következő képletből számolható:

$$A = A_0 * e^{-\delta t} * \sin(\omega t) \text{ [m]} \quad t: \text{idő} \text{ [s]} \quad \delta: \text{csillapítási tényező} \text{ [-]} \quad \omega: \text{körfrekvencia} \text{ [Hz]}$$

Amiből következik, hogy csillapítatlan rezgésnél örökmozgóként működne a rugónk, a valóságban a csillapítás nem tud nulla lenni, így az energia hővé alakul át fokozatosan, így a rezgés pillanatnyi sebességével arányos közegellenállási erő felemészti a rezgésünk és újra zérus, egyensúlyi helyzetbe állítja be.

A jegyzőkönyv értékelése (A gyakorlatvezető kézjegye a minősítésnek megfelelően)		Dátum:
Nem felelt meg:	Javítandó:	Megfelelt:

Hallgató aláírása:

D) A gyakorlat során nyert adatok:
(mérésorozat esetén táblázatos formában)

Az adatok elfogadtatása:
(a gyakorlatvezető kézjegye)
A gyakorlat végén alá kell írtni!
Enélkül a jegyzőkönyv sem fogadható el!

Ide csak a „nyers” adatok kerüljenek! (Még akkor is, ha sok hely marad.) (A kiértékelés mindig új lapon kezdődjön!)

m [kg]	d (kitérés a skálán) [mm]
0	0
0,04	4
0,08	7,5
0,12	11

0 kg		0,08 kg	
f [Hz]	2A [mm]	f [Hz]	2A [mm]
28	5	9	5
29	10	9,2	6
29,2	12	9,4	7
29,4	18	9,6	11
29,6	34	9,7	16
29,7	63	9,8	68
29,8	55	9,9	50
29,9	46	10	26
30	38	11	4
31	8	12	3
32	6		

Pozíció [mm]	2A [mm]
0	43
5	24
10	26
15	38
20	57
25	35
30	28
35	29
40	42
45	57
50	30
55	20
60	20
65	32
70	59
75	63
80	63

(Csatolt dokumentumban az eredeti, kézzel írott és gyakorlatvezető által szignózott mérési adatok)

Önellenőrző lista a jegyzőkönyv elfogadásának érdekében (minimumkövetelmények):

1.) A jegyzőkönyv külsőalakja megfelelő	
2.) A mérési adatok jól áttekinthetők , jók a mértékegységek (E)	
3.) A grafikonok fejlécén látható, hogy mit ábrázoltunk és mik a mértékegységek (E)	
4.) A grafikonok tengelyein látható, hogy mit ábrázoltunk és mik a mértékegységek (E)	
5.) A grafikonok tengelyeinek skálázása értelmes (a felesleges tartományokat nem tüntettük fel) (E)	
6.) A kiértékelés követhető és a mért adatok alapján történt, a következtetéseket levontuk (E, F)	
7.) Minden feladatot elvégeztünk, a feltett kérdések mindegyikére válaszoltunk (E, F)	
8.) A jegyzőkönyv összefűzve készen van	

Javasolt a kiértékelés számítógéppel történő elvégzése, de a hagyományos (mm papír, stb.) módon készített jegyzőkönyv is elfogadható. Mivel a kiértékelés és a következtetések a jegyzőkönyv részei, lapjait össze kell fűzni ezzel! (Otthoni munka a gyakorlat elvégzése után.)

Hallgató aláírása:

E) Kiértékelés:

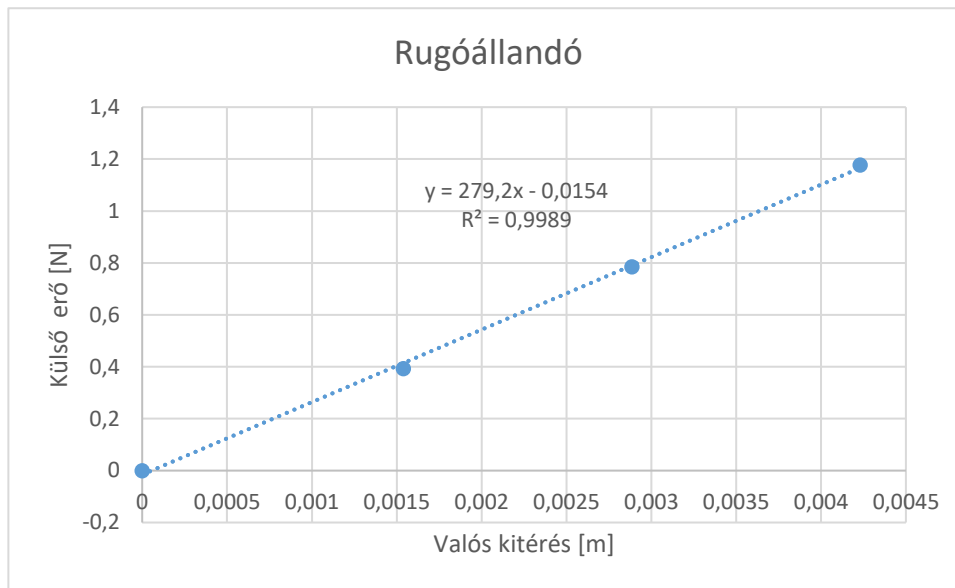
(az adatok rendezett bemutatása, a számítások részletes elvégzése, a szükséges grafikonok elkészítése)

1) Rugóállandó meghatározása

Meggyőződünk, hogy terheletlenül, nyugalmi állapotban a mérőskálán valóban 0-nál áll a lézersugár. Ezt követően 40, 80 és 120 gramm súlyokat erősítettünk a laprugó végére, majd leolvastuk a lézerfény kitérését a mérőskálán. A „sillabuszban” megadott 2,6-os korrekciós tényezővel kiszámoltam a rugó valós kitérését.

m [kg]	d (kitérés a skálán) [mm]	x (valós kitérés) [m]	F _k (külső erő) [N]
0	0	0	0
0,04	4	0,001538462	0,3924
0,08	7,5	0,002884615	0,7848
0,12	11	0,004230769	1,1772

1. táblázat



2. ábra

Ez követően a felhelyezett súlyokra ható külső gravitációs erő függvényében ábrázoltam a kitérését, majd erre trendvonalat helyezve megállapítottam, hogy a hozzávetőlegesen $D = 279,2 \frac{N}{m}$.

2) Sajátfrekvencia meghatározása

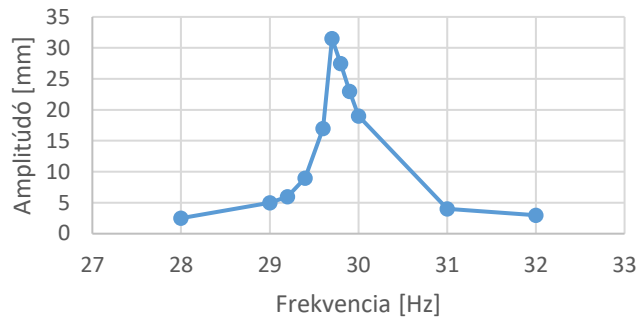
Súly nélkül szinuszosan rezegtettük a rugólapot különböző frekvenciákon, ahol a legnagyobb volt a mérőskálán a kitérés, vélhetően ott van az rugó sajátfrekvenciája. Megismételtük ezt 80 g-os terheléssel is. Itt már nem szükséges a mért kitérését korigálni, hiszen arányaiban azonos görbét kapnánk.

0 kg			0,08 kg		
f [Hz]	2A [mm]	A [mm]	f [Hz]	2A [mm]	A [mm]
28	5	2,5	9	5	2,5
29	10	5	9,2	6	3
29,2	12	6	9,4	7	3,5
29,4	18	9	9,6	11	5,5
29,6	34	17	9,7	16	8
29,7	63	31,5	9,8	68	34
29,8	55	27,5	9,9	50	25
29,9	46	23	10	26	13
30	38	19	11	4	2
31	8	4	12	3	1,5
32	6	3			

2. táblázat

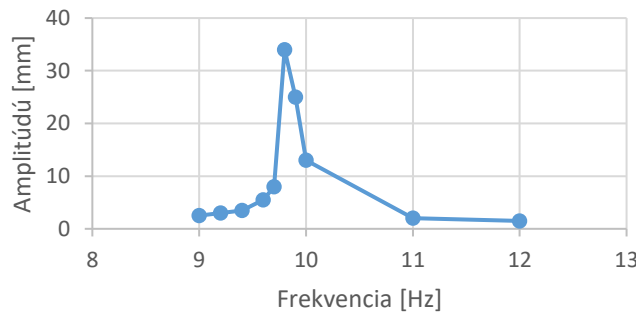
Hallgató aláírása:

Rezonancia görbe 0 g tömeggel



3. ábra

Rezonancia görbe 80 g tömeggel



4. ábra

Megfigyelhető, hogy a terheléssel az elképzeléseknek megfelelően csökkent a sajátfrekvencia. Ezekből az adatokból már meghatározható a rugólap tömege is, mely hozzávetőlegesen 8 g (ez tartalmazza a rugólap, a súly tartó és a súlyt leszorító elem tömege is).

Terhelés [g]	Megállapított sajátfrekvencia [Hz]	Rezgő tömeg [g]	Kalkulált sajátfrekvencia [Hz]
0	29,7	8,018043275	-
80	9,8	73,64260508	8,964060778

3. táblázat

3) AFM modellezése

Az elektromágnessel rezgésbe hozott rugólap alatt egy fából készült AFM felületet mozgattunk.

Ebbe az AFM felületbe három helyre különböző mélységre három darab körülbelül 1 cm átmérőjű, kalap fejformájú csavar van betekerve.

Minden mérést a korábban megállapított terhelés nélküli sajátfrekvencián, azaz 29,7 Hz-en végeztünk. A rugólap alatti részt, az AFM felületet, merékeként fél centiméterrel elmozgattuk és feljegyeztük az amplitúdót. A laprugó alján egy mágnes helyezkedik el, mely kölcsönhatásba lép a csavarral, mely megfigyelhető a rugó rezgési amplitúdóján, amit a lenti grafikonon is láthatunk.

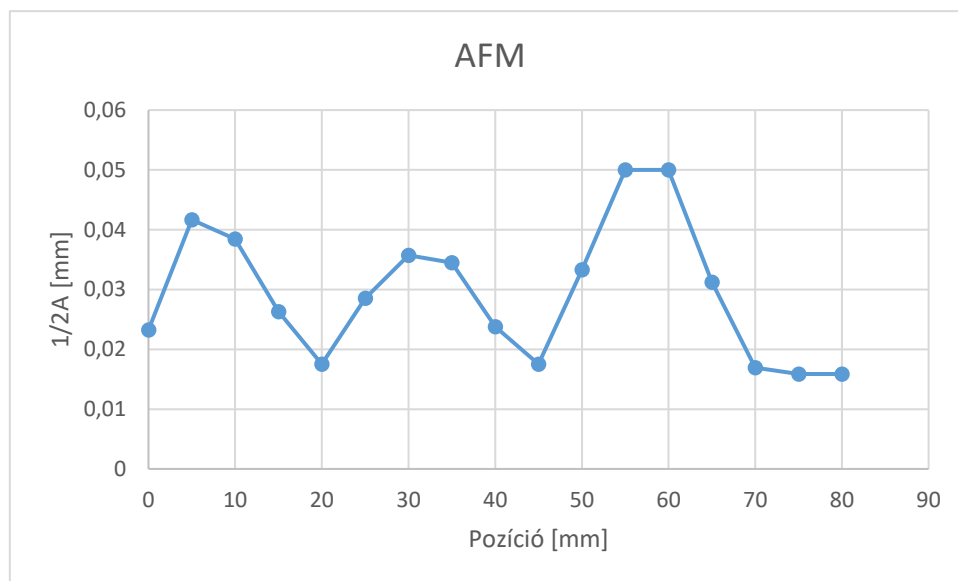
Itt már nem szükséges a mért kitérést korrigálni, hiszen arányaiban azonos görbét kapnánk.

Hallgató aláírása:

Pozíció [mm]	2A [mm]	1/2A [mm]
0	43	0,023255814
5	24	0,041666667
10	26	0,038461538
15	38	0,026315789
20	57	0,01754386
25	35	0,028571429
30	28	0,035714286
35	29	0,034482759
40	42	0,023809524
45	57	0,01754386
50	30	0,033333333
55	20	0,05
60	20	0,05
65	32	0,03125
70	59	0,016949153
75	63	0,015873016
80	63	0,015873016

4. táblázat

A magasabban kiálló csavarok kisebb amplitúdót okoznak, ezért a mért adatok alkotta görbéjének inverze épp az AFM modul topográfiáját adja ki.



5. ábra

A grafikonon látszik, hogy valóban három különböző mélységben vannak a fába csavarva.

Hallgató aláírása:

F) Következtetések:

(válaszok a feltett kérdésekre **kérdés-felelet** formában):

A mérés során számtalan tényező növelte a hiba határát, a pontatlanságot. Maga a tükör is okozhat pontatlanságot, illetve a kapott korrekciós tényező is. A használt mérőskáláról mm értékeket olvastunk le, holott maga a lézerpont is 2 mm átmérőjű volt. Ezt nehezítette, hogy mozgásban lévő lézerpont által meghatározott értéket szabad szemmel állapítottuk meg.

Ennek a pontatlanságnak következménye az az anomália, amit a sajtófrekvencia megállapítása után tapasztaltam. A terheletlen rugólap tömegére 8 g-ot kalkuláltam a sajtófrekvencia alapján, míg a 80 g-al terhelt rugólapéra 73,6 g. Természetesen ennek hozzávetőlegesen 88 g-nak kellene lennie. Így az ellenőrzésképpen visszakalkulált sajtófrekvencia is szignifikánsan eltér a mértől.

Hallgató aláírása: