

Rezonancia

Rugalmasság, rezgések, rezonancia

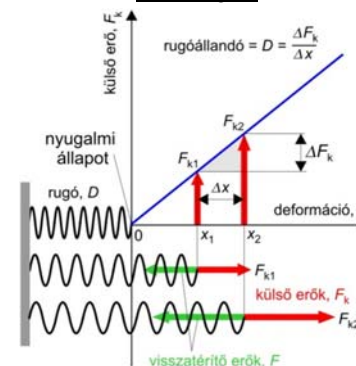
Rugalmas alakváltozás:

Rugalmasnak nevezünk egy szilárd testet akkor, ha a test alakját deformáló külső erők hatására a testben olyan erők lépnek fel, amelyek a test eredeti alakját vissza igyekeznek állítani.

Rugalmassági (Hooke)-törvény: $F = -Dx$

- F : testben ébredő visszatérítő erő (húzó, nyomó, hajlító stb.)
- x : deformáció
- D : rugóállandó

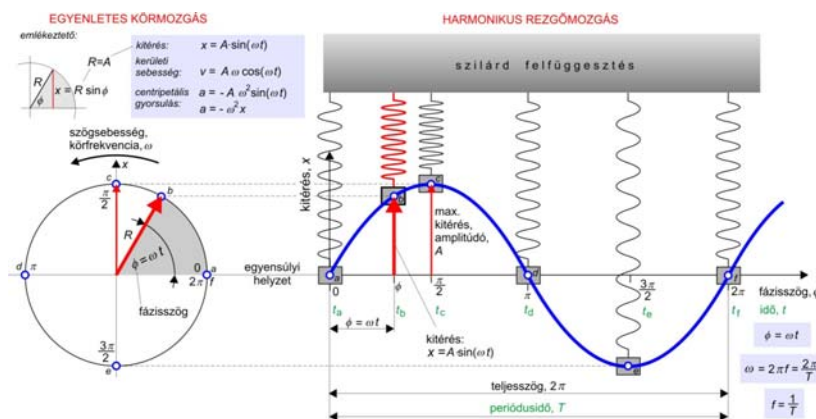
Rugóállandó származtatása az erő-deformáció-függvény meredekségéből



A rezgés, lengés, avagy oszcilláció ismétlődő mozgást, eltérést, kitérést jelent egy fizikai, kémiai vagy biokémiai változó egyensúlyi értéke körül.

Harmonikus rezgés: Egy pontszerű test harmonikus rezgőmozgást végez, ha a nyugalmi helyzetéből kimozdított pontra ható visszatérítő erő arányos a pont kitéréseivel és a nyugalmi helyzet felé mutat. Ilyenkor a változás szinuszos.

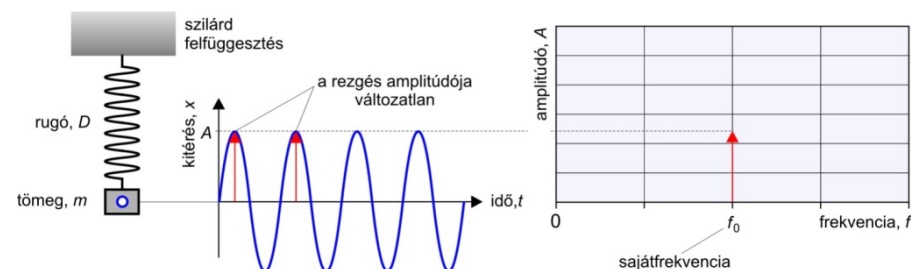
Harmonikus rezgőmozgás (pl. rugó-tömeg rezgőrendszer) származtatása az egyenletes körmozgásból



Csillapítatlan szabadrezgés

Amennyiben a példaként szereplő rugó-tömeg-rezgőrendszert súrlódásmentesnek tételezzük fel, akkor a nyugalmi helyzetéből $x = A$ mértékben kimozdított tömeg ún. csillapítatlan szabadrezgést végez változatlan amplitúdóval, végtelen ideig.

Rugó-tömeg-rezgőrendszer csillapítatlan szabadrezgése és spektruma



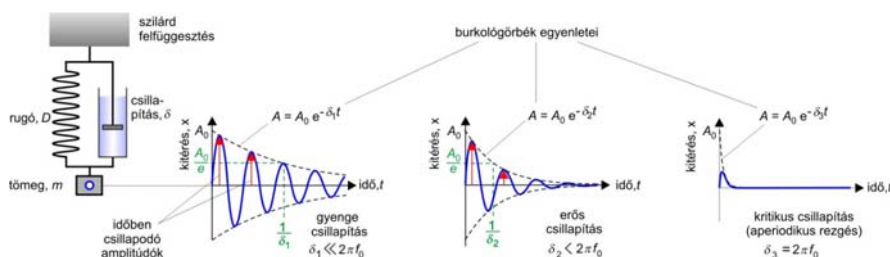
Csillapított szabadrezgés

A gyakorlatban a súrlódás mindig jelen van, ezért a rezgőrendszer energiája a rezgés során fokozatosan felemészthető (hővé alakul), a rezgés amplitúdója egyre csökken. Ha az energiavesztést egy, a rezgés pillanatnyi sebességével arányos közegellenállási erő okozza (viszkózus csillapítás), a rezgés csillapodását egy δ csillapítási tényezővel vesszük figyelembe. Ilyenkor a rezgés A amplitúdója exponenciális jellegű csökkenést mutat.

A csillapított szabadrezgés egyenlete: $A = A_0 \cdot e^{-\delta t} \sin(\omega t)$

Kritikus csillapítás: a periódusonkénti energiavesztés olyan nagy, hogy a rezgő pont, vagy test már nem lendül át az egyensúlyi helyzetén, ilyenkor a mozgás aperiodikusá válik.

Rugó-tömeg-csillapítás rezgőrendszer csillapodó szabadrezgései

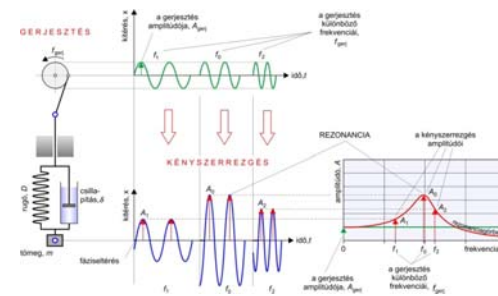


Csillapított kényszerrezgés

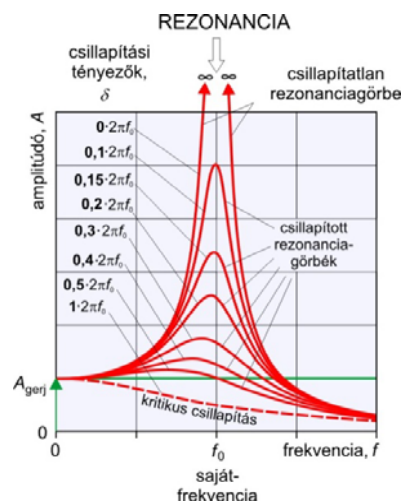
Amennyiben egy külső, adott frekvenciájú és amplitúdójú erő mintegy kényszeríti, gerjeszti a rezgőrendszert, ún. **kényszerrezgés** alakul ki.

A kényszerrezgés frekvenciája a rezgőrendszer sajátfrekvenciájától függetlenül egy bizonyos átmeneti idő elteltével azonos lesz a gerjesztő rezgés frekvenciájával. Mivel a kényszerrezgés energiája a csillapítás miatt hővé alakuló energiát folyamatosan pótolja, ezért a transziens idő elteltével a kényszerrezgés amplitúdója állandó lesz. A kényszerrezgés amplitúdója azonban erősen függ attól, hogy a gerjesztés frekvenciája milyen közel van a rezgőrendszer sajátfrekvenciájához. Ha a gerjesztés frekvenciája közelít a rezgőrendszer sajátfrekvenciájához, a kényszerrezgés amplitúdója a csillapítástól függően igen nagy lehet, ez a jelenség a **rezonancia**. Az amplitúdó-frekvencia-függvényt **rezonanciagörbének**, maximumhelyét pedig **rezonanciafrekvenciának** nevezzük (ez megegyezik a sajátfrekvenciával).

Rugó-tömeg-csillapítás rezgőrendszer csillapított kényszerrezgése



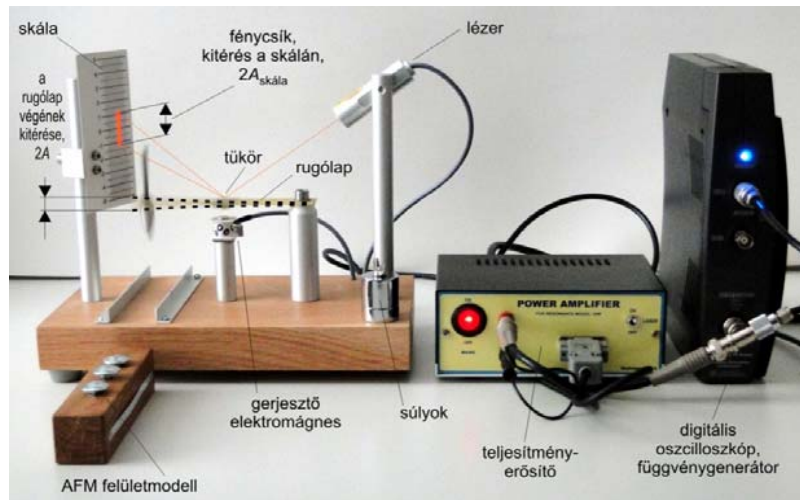
Csillapított kényszerrezgések rezonanciái különböző csillapítások esetén



Mérési feladatok:

1. Rugóállandó kimérése a rugalmassági (Hooke)-törvény alapján statikus rugólap-tömeg mérések alapján.
2. Csillapított kényszerrezgés tanulmányozása mechanikai rezgőrendszeren. Rugólap-tömeg rezonanciafrekvenciájának meghatározása különböző tömegek esetén.

A rezonancia-mérőberendezés összeállítása. A rugólap itt súlyok nélkül rezeg.



1. Rugalmassági (Hooke)-törvény igazolása

A, Kapcsold be a lézert!

B, Lézerfény tükröződő foltját állítsd a 0 vonalra!

C, A kisebb súlyt ($m = 40\text{g}$) helyezd a rugólap végén található menetes csavarra!

D, A rugólap lehajlik, olvasd le a lézerfolt új pozícióját a mm-skála segítségével!

E, Ismételd meg a C és D pontokat nagyobb súllyal ($2m=80\text{g}$)

ill. két súllyal ($m + 2m = 3m = 120\text{g}$)

Tömeg $m = 0.04\text{ kg}$	Erő, F_k (N)	Kitérés skálán $x_{\text{skála}}$ (mm)	Valós kitérés (mm)	Valós kitérés (m)
0m	0	0	0	0
1m				
2m				
3m				

$$F = m \cdot g \quad (g=9.81\text{m/s}^2) ; \text{Valós kitérés: mért kitérés}/2.6$$

F, Ábrázold erő (F_k) – kitérés (x) függvényt! Lineáris regresszióval illesz egyenest a mérési pontjaidra!

G, Határozd meg a rugólap rugóállandóját az egyenes meredeksége alapján!

($D = \Delta F_k / \Delta x$) Rugóállandó N/m egységben legyen!

2. Rezonanciagörbék felvétele

A, Indítsd el a digitális oszcilloszkóp programját (Welleman PCLab2000LT)!

B, Beállítások: - SIN hullám

- $f = 29\text{ Hz}$

C, Súly nélküli rugólap rezegni kezd, a skálán a gyorsan fel-le mozgó lézerfolt fénylő csíkjának hossza ($2A$) leolvasható.

D, Növeljük a gerjesztő frekvenciát 1 Hz-enként 32 Hz-ig, olvassuk le a fénycsík hosszát ($2A$).

E, A két legnagyobb mért rezgésamplitúdóhoz tartozó frekvenciaértékek között 0.1 Hz-enként mérd meg az amplitúdókat!

F, Ábrázold a kétszeres amplitúdó ($2A$) [mm] – frekvencia (f) [Hz] függvényt!

G, Állapítsd meg a rezgőrendszer rezonanciafrekvenciáját 0.1 Hz-es pontossággal!

H, B-G megismétlése 1m, 2m és 3 m mellett!

1 m : $f = 12.5 - 14\text{ Hz}$

2 m: $f = 9 - 11\text{ Hz}$

3 m: $f = 7.5 - 9\text{ Hz}$

Súly nélkül		m = 0.04 kg		m = 0.08 kg		m = 0.12 kg	
f(Hz)	2A(mm)	f(Hz)	2A(mm)	f(Hz)	2A(mm)	f(Hz)	2A(mm)

Csillapított kényszerrezgés amplitúdóváltozása külső, távolságfüggő erő hatására (AFM modell)

