

Rezonancia

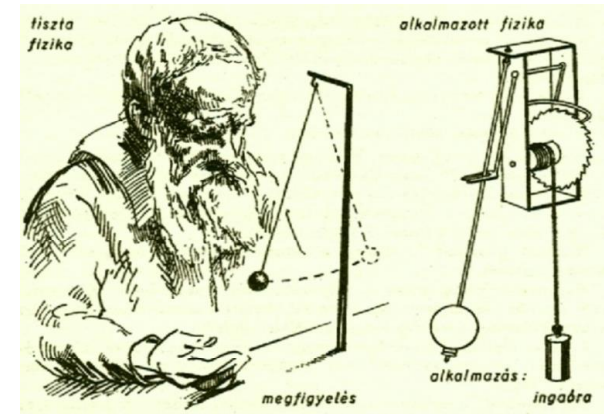
2020

TEMATIKA

1. Rezgések, lengések, oszcilláció
2. Rugalmas testek: Hooke-tv, rugalmasság
3. Harmonikus rezgés → sajátfrekvencia
4. Szabadrezgés
 - Csillapítatlan
 - Csillapított
5. Csillapított kényszerrezgés
6. Külső, távolságfüggő erő hatása a csillapított kényszerrezgésre
 - **AFM modell**

REZGÉSEK, LENGÉSEK, OSZCILLÁCIÓ

- Jelenség, melynek során valamely mennyiség egy egyensúlyi érték körül időben változik.
- Ez a mennyiség lehet fizikai, kémiai, biológiai.
 - Pl. ingaóra
- Példák periodikus változásokra:
 - Havi, napi ciklus, szívciklus, Rezgések: hang és fény
- Oszcillátor: rezgéseket kelti: hangszálak, hangszer, mikrohullámú sütő
- Így keltett rezgés megrezegtethet más rezgőrendszert, ilyenkor rezonancia léphet fel.
- A rezonancia jelenségét kihasználó kutatási és diagnosztikai módszerek:
 - AFM, NMR, ESR és egyéb spektroszkópiai módszerek, UH



MI IS EZ A REZONANCIA?

Egy rezgőrendszert egy külső kényszererő rezgésre kényszerít (gerjesztés) → a rezgő rendszer **kényszerrezgést** fog végezni a gerjesztés hatására.

Ha a gerjesztés frekvenciája közel esik vagy megegyezik a rezgésre kényszerített rendszer **saját frekvenciájához**, akkor kis gerjesztés is erős rezgést, igen nagy amplitudójú kitéréseket tud létrehozni. (*szél gerjeszti a hidat , Tacoma Narrows hidak, 1940*) <https://www.youtube.com/watch?v=j-zczJXSxnw>

https://www.youtube.com/watch?v=17tqXgvCN0E&feature=share&fbclid=IwAR1SQkisFK-MzByq6_gcSBGIF6AnTo9Ph5r6RwMucNIiTUCNjL_UuM0sKU4

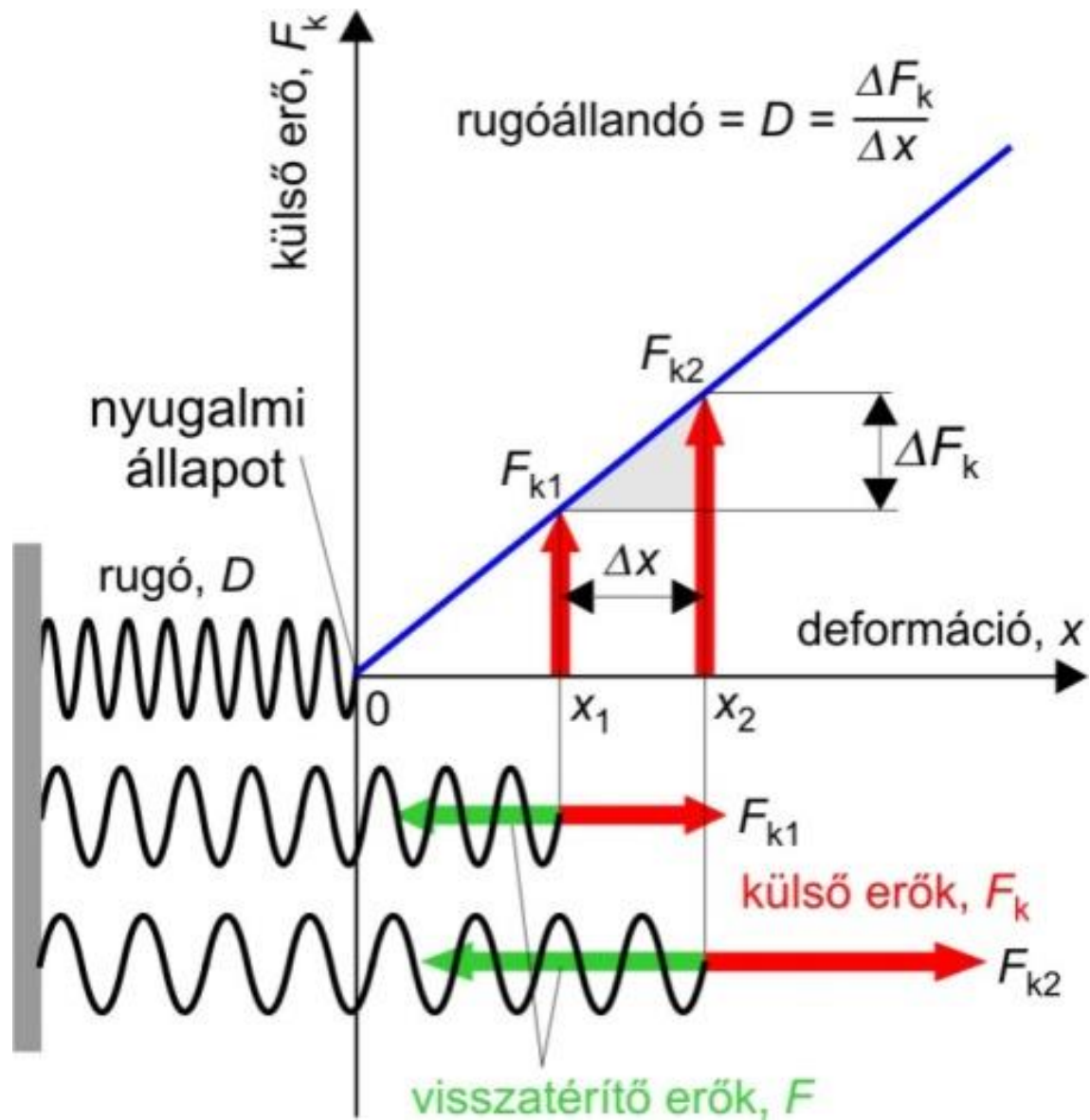
RUGALMAS TESTEK

Követik a rugalmassági, Hooke-törvényt

$$F = -Dx$$

Ahol:

- F – TESTBEN ébredő erő
 - *mely a testet deformáló külső erő hatására lép fel, a deformáció ellen hat*
- x – deformáció
- D – rugóállandó; $D = \frac{\Delta F_k}{\Delta x} \longrightarrow$ **Külső erő**
- Tehát Hooke-rugalmas test esetén F_k (külső erő) – x (deformáció) függvény egy nullából induló egyenest ad



HARMONIKUS REZGŐMOZGÁS

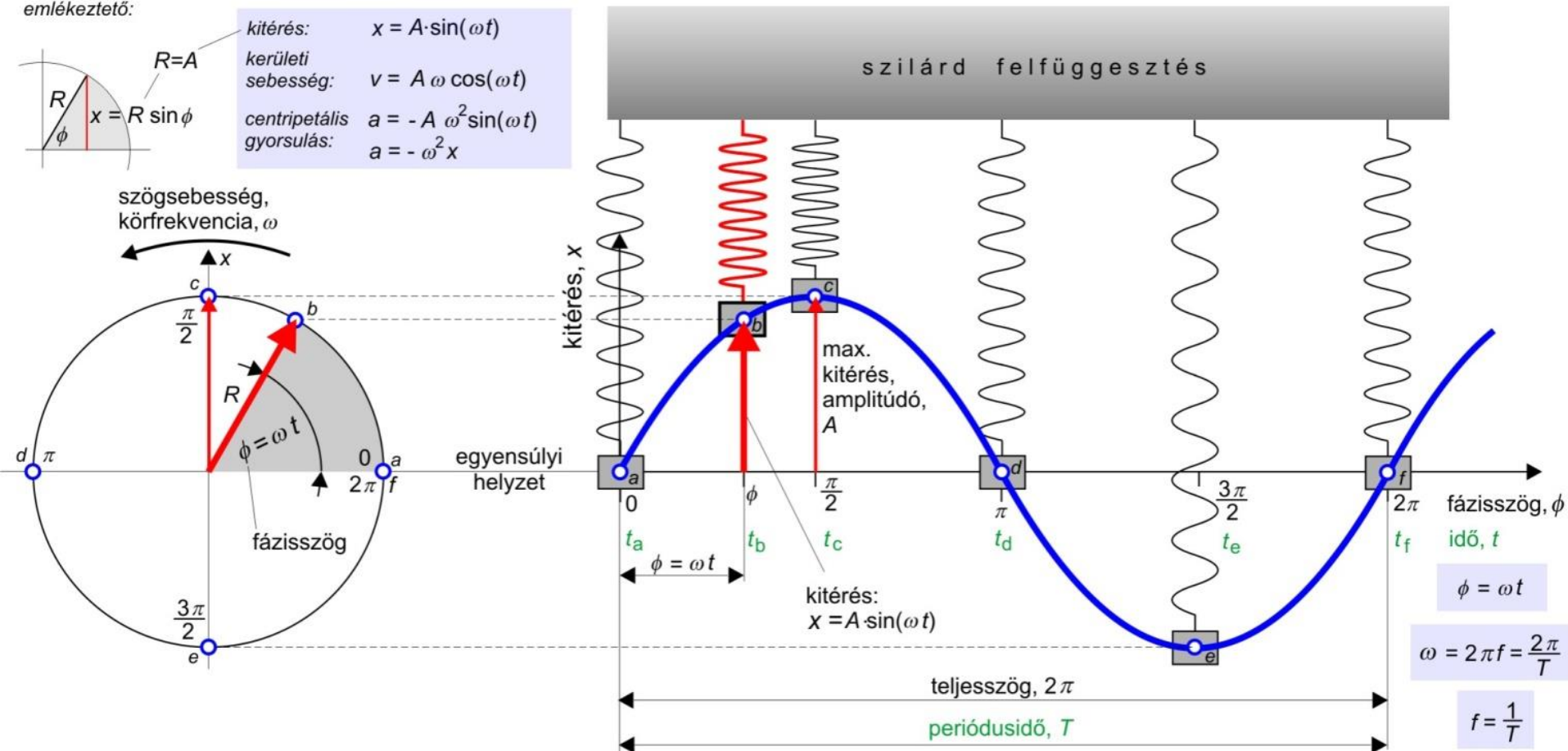
- Kitérés időbeli változása szinuszos
- Nyugalmi helyzet felé mutató visszatérítő erő, arányos a kitéréssel
- Harmonikus rezgőmozgás egyik jellemzője: **sajátfrekvencia**

EGYENLETES KÖRMOZGÁS

emlékeztető:



HARMONIKUS REZGŐMOZGÁS



Egy harmonikus rezgőrendszer x' kitérése A' maximális kitérés és ω' szögsebesség esetén t' időpillanatban:

SAJÁTFREKVENCIA

- A rezgőrendszer paraméterei határozzák meg
- Nem függ az amplitudótól
- Rugó-tömeg rezgőrendszer esetén, csillapítás nélkül:

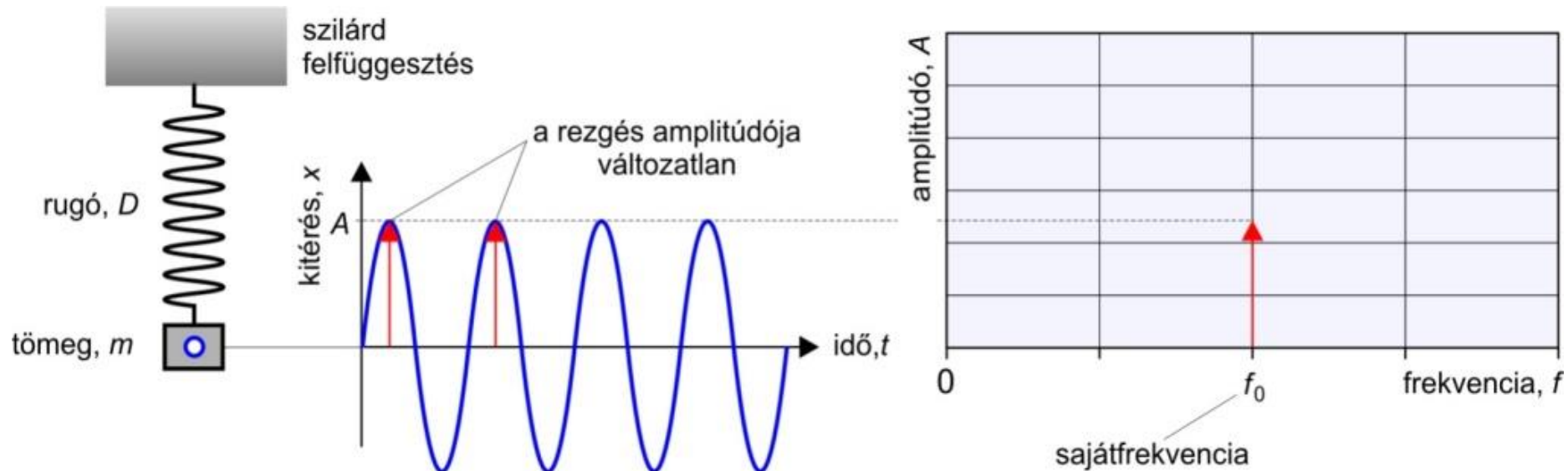
$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{D}{m}}$$

m– tömeg

D – rugóállandó

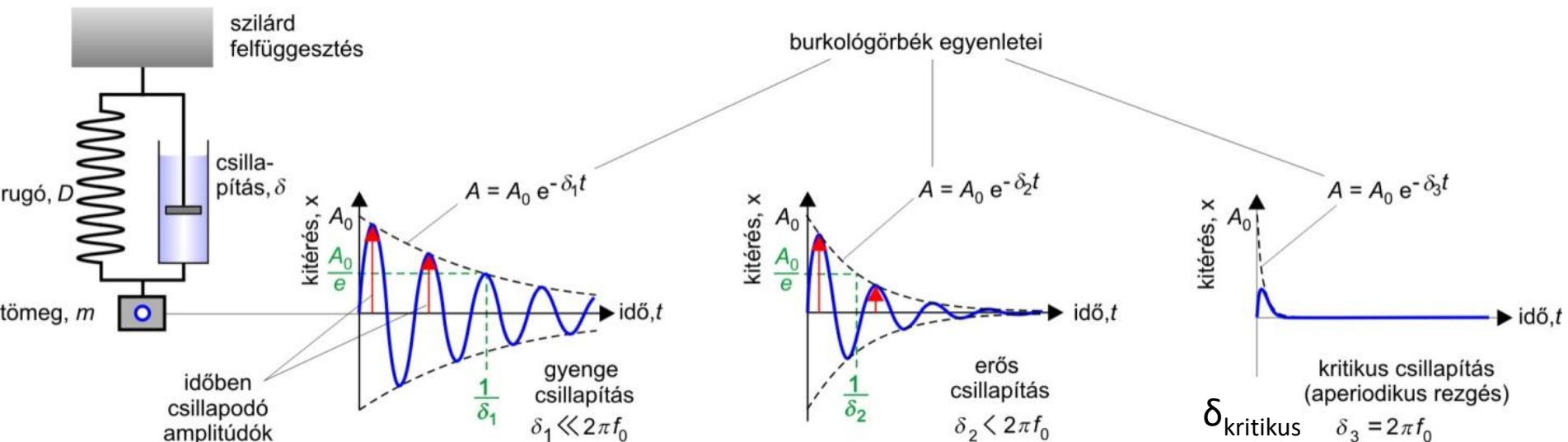
CSILLAPÍTATLAN SZABADREZGÉS

- Nincs csillapítás = nincs energiaveszteség (pl súrlódás)
- $A - f$ (spektrum): egyetlen amplitúdó vonal sajátfrekvencián



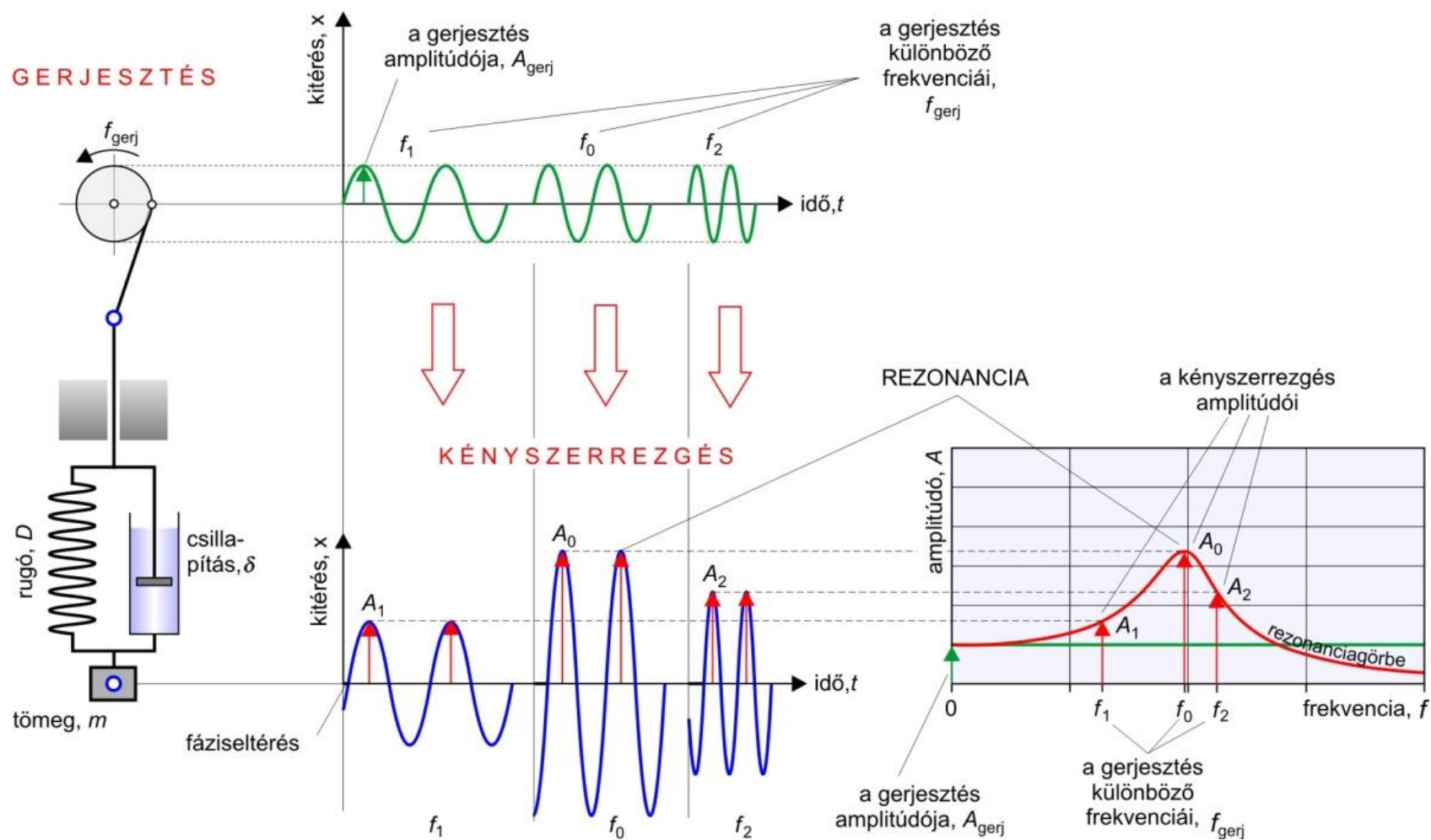
CSILLAPÍTOTT SZABADREZGÉS

- Valóság: mindig van veszteség (súrlódás)
- Viszkózus csillapítás, δ (csillapítási tényező)
- E csökken (hő) \rightarrow A csökken; exponenciális burkológörbe
- Csillapítás esetén a sajátfrekvencia: $f_0 = \sqrt{1 - \left(\frac{\delta}{\delta_{kritikus}}\right)^2} * \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{D}{m}}$

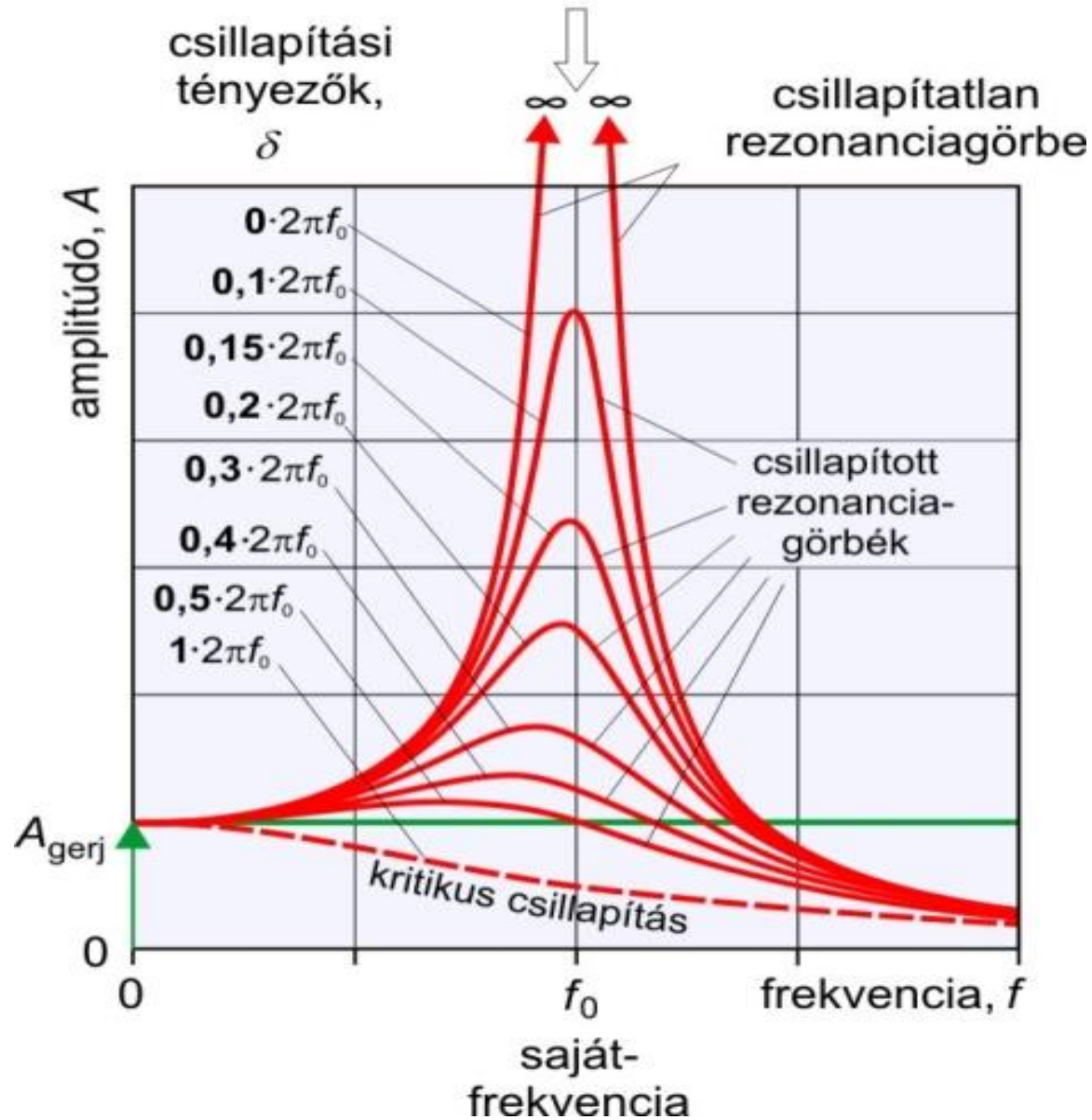


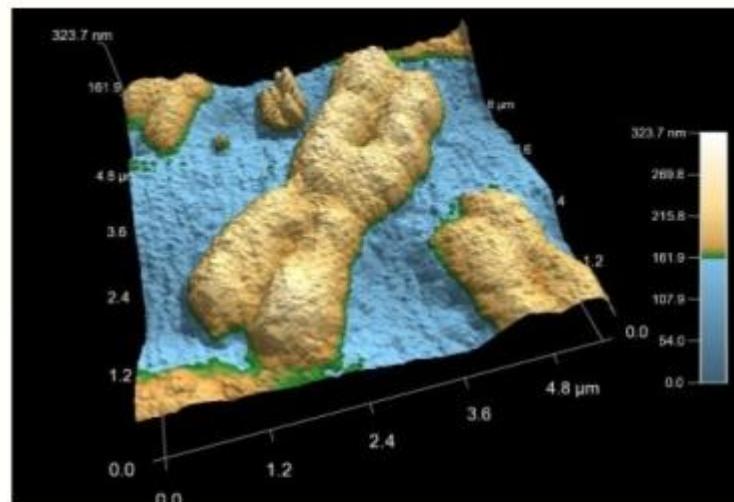
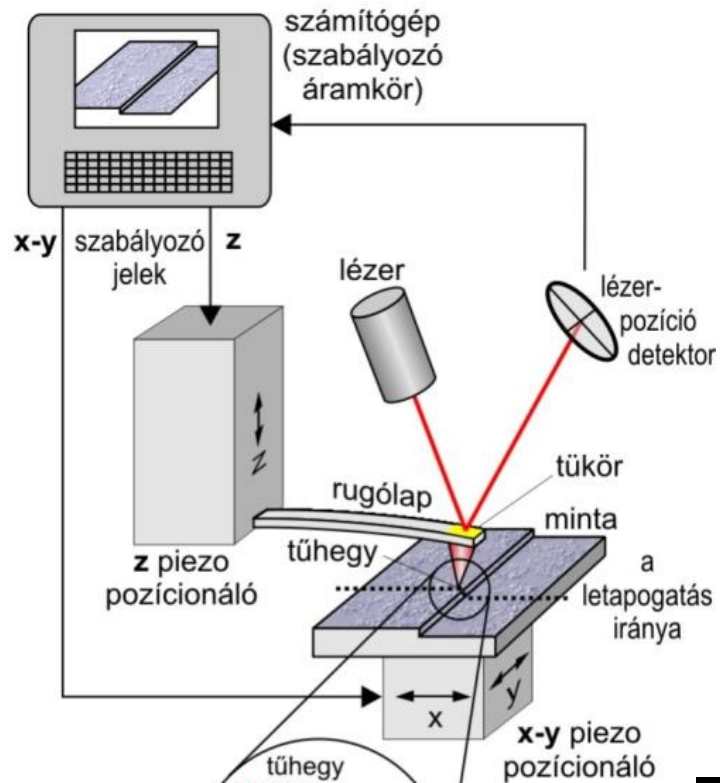
$$x = A_0 e^{-\delta t} \sin(\omega t)$$

KÉNYSZERREZGÉS

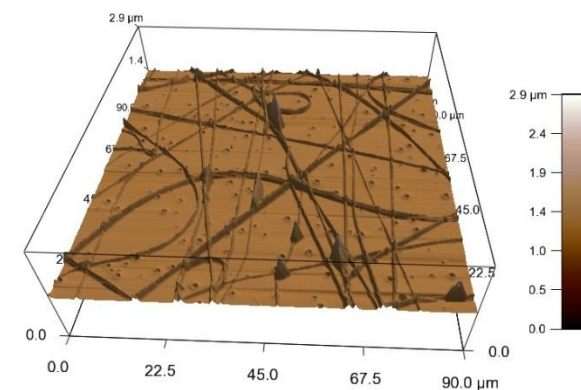
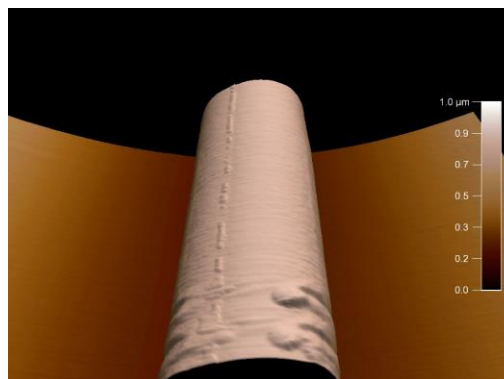
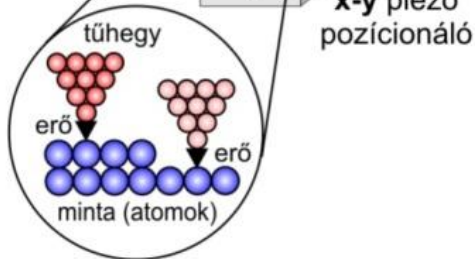


REZONANCIA





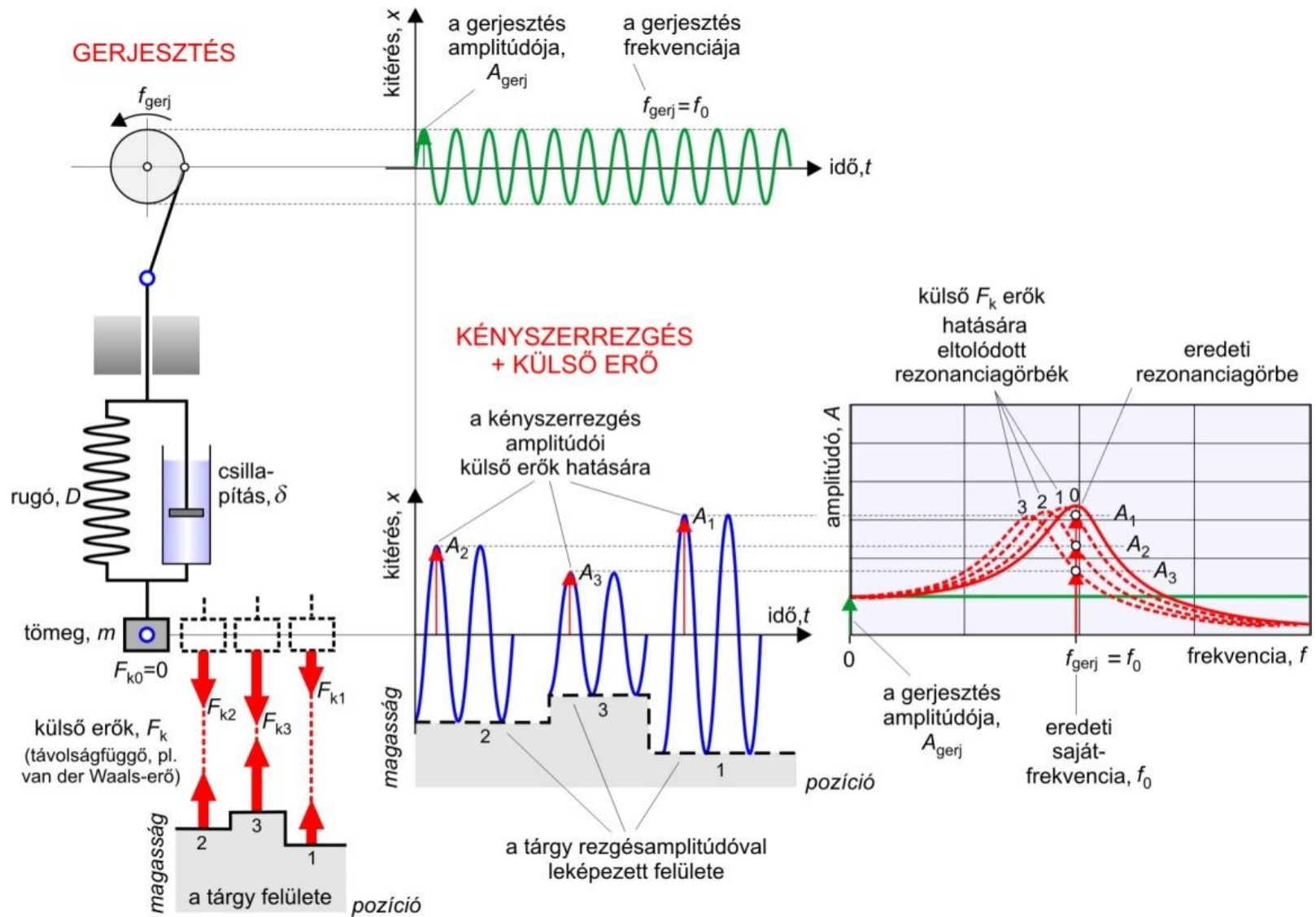
atomerő mikroszkóppal
készült 3D felvétel
(emberi kromoszóma)



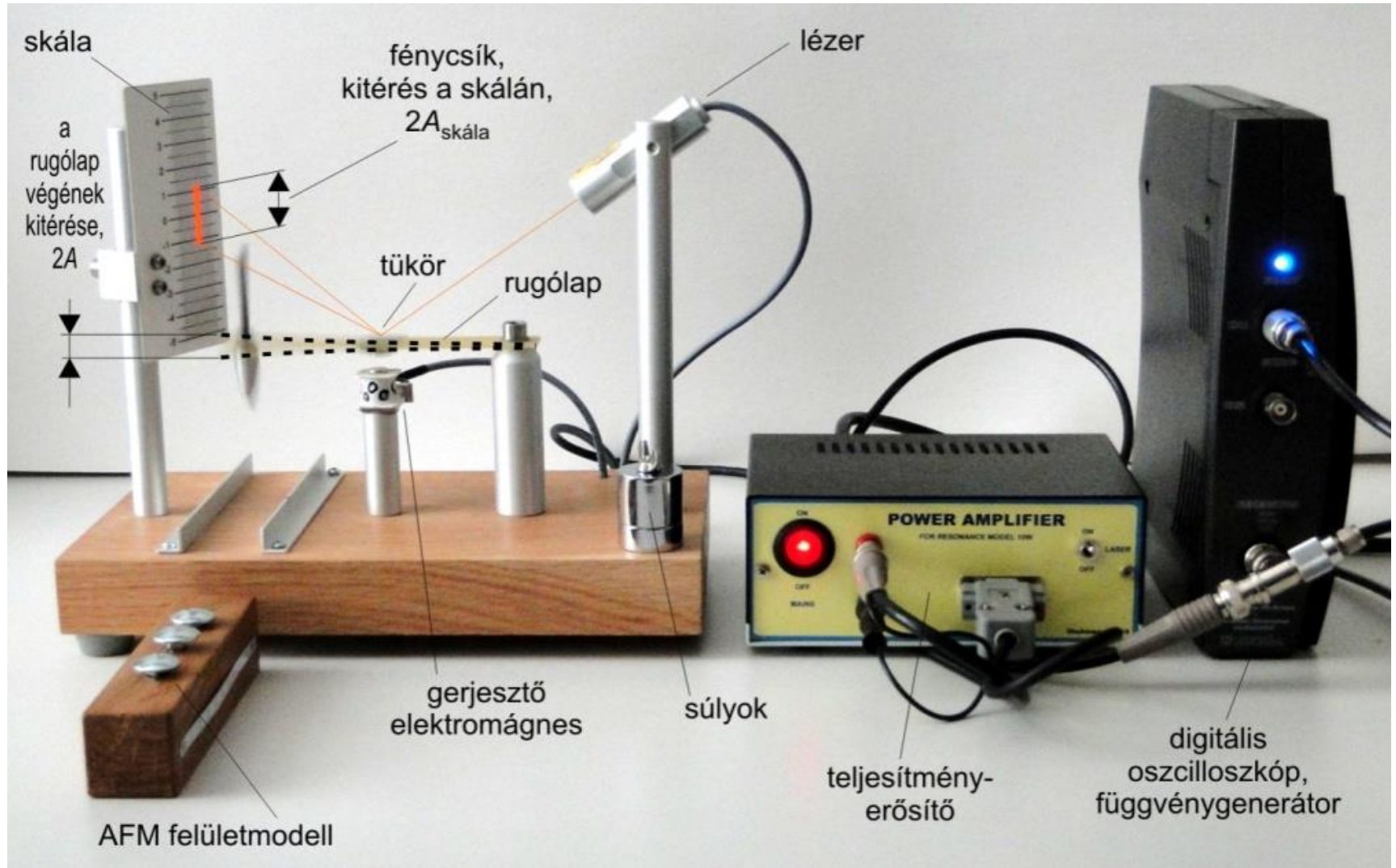
https://www.youtube.com/watch?v=5g36mTlvB8A&feature=share&fbclid=IwAR0VebWSHPpoJWG-fP_4MVLxqVaENcjubBwl7y7S2Nq5fIs6TgzRIQsmO2Q

https://www.youtube.com/watch?v=t5czJq8JpG4&feature=share&fbclid=IwAR2e3Pc8dxwNT1_5TpEvwJMxaq9I3fDMncY8PehreBT_cq1N52NPpmTUCcA

KÜLSŐ, TÁVOLSÁGFÜGGŐ ERŐ HATÁSA A KÉNYSZERREZGÉSRE



tűhegy-felszín távolság változik $\rightarrow F_k \rightarrow D \rightarrow f_0 \rightarrow$ eltolódik rezonanciagörbe



1. A rugalmassági (HOOKE)-törvény igazolása

- Kapcsolja be a lézert!
- Állítsa a skálát olyan magasságba, hogy a lézerfény tükröződő foltja a 0 vonalra essen!
- Helyezze a kisebbik súlyt ($m = 40 \text{ g}$) a rugólap végén található menetes csavarra (a szárnyas anyás rögzítés nem szükséges)! A rugólap lehajlik, olvassa le a lézerfolt új pozícióját a mm-skála segítségével!
- Ismételje meg a mérést a nagyobb súllyal ($2m = 80 \text{ g}$), ill. a két súllyal egyszerre ($m + 2m = 3m = 120 \text{ g}$)!
- Ábrázolja az EXCEL program segítségével a erő (F_k) – kitérés (x) függvényt! Illesszen egyenest (trendvonal) a mérési pontokra! A kitérés számításakor vegye figyelembe, hogy a skálán látható fényfolt kitérése 2,6-szorosa a rugólap végén észlelhetőnek (kalibráció)!
- Határozza meg a rugólap rugóállandóját az egyenes meredeksége alapján!

tömeg $m = 0,04 \text{ kg}$	erő, F_k (N)	kitérés a skálán $x_{\text{skála}}$ (mm)	a rugólap végének kitérése, x (mm)
0m	0	0	0
1m			
2m			
3m			

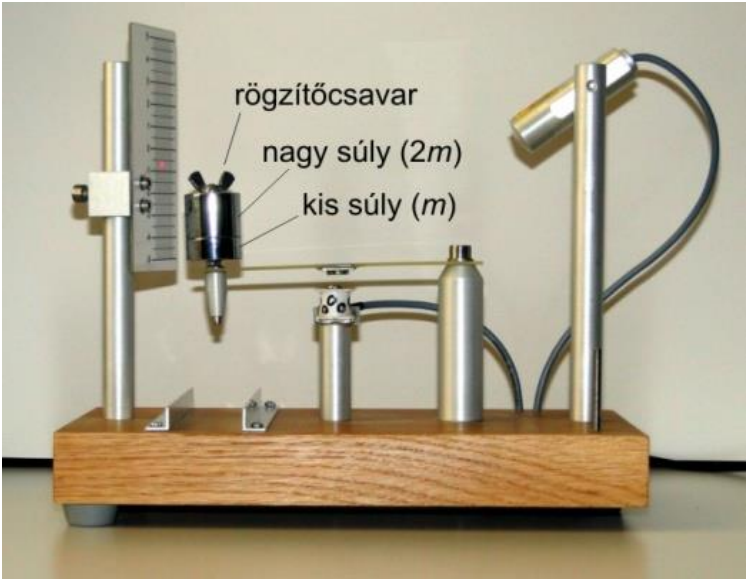
2. Rezonanciagörbék felvétele különböző tömegek esetén

- Maximumok leolvasása
- Rezonanciafrekvencia meghatározása
- „Tömegmérés az űrben”
- Rugólapka tömegének ($m_{r,eff}$) kiszámítása

rezonanciafrekvenciák alapján

$$f_{0,r,eff} = \sqrt{1 - \left(\frac{\delta}{\delta_{kritikus}}\right)^2} * \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{D}{m_{r,eff}}}$$

$$f_{0,r,eff+m} = \sqrt{1 - \left(\frac{\delta}{\delta_{kritikus}}\right)^2} * \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{D}{m_{r,eff+m}}}$$

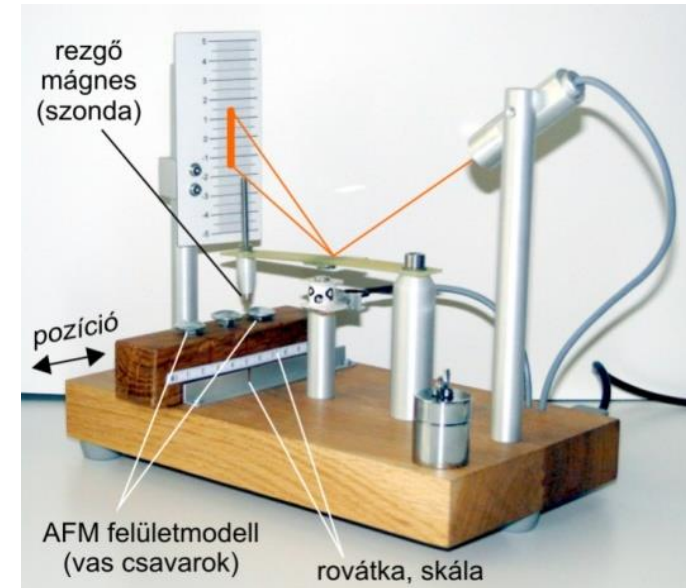


https://www.youtube.com/watch?v=8rt3udip7l4&feature=share&fbclid=IwAR1SQkisFK-MzByq6_gcSBGIF6AnTo9Ph5r6RwMucNIItTUCNjL_UuM0sKU4

súly nélkül ($m_{r,eff}$)		kis súllyal ($m_{r,eff} + m$)		nagy súllyal ($m_{r,eff} + 2m$)		mindkét súllyal ($m_{r,eff} + 3m$)	
frekven cia, f (Hz)	kétszer es amplitú dó, 2A (mm)	frekven cia, f (Hz)	kétszer es amplitú dó, 2A (mm)	frekven cia, f (Hz)	kétszer es amplitú dó, 2A (mm)	frekven cia, f (Hz)	kétszeres amplitúdó, 2A (mm)

3. AFM modell; domborzati kép elkészítése

- Kétszeres amplitudót lemérjük 5 mm-ként
- $2 \cdot A$ (-1)-szeresét ábrázolni a pozíció függvényében

[illegible]