

◀	<i>Tartalom</i>	<i>Fogalmak</i>	<i>Törvények</i>	<i>Képletek</i>	<i>Lexikon</i>	▶
---	-----------------	-----------------	------------------	-----------------	----------------	---

Kényszerrezgés, rezonancia

Eddig csupán olyan rezgéseket vizsgáltunk, amelyek úgy jöttek létre, hogy a rezgőképes rendszerben a testet az egyensúlyi helyzetből történt kitérés után magára hagytuk. Az így létrejövő rezgést *szabad rezgésnek* nevezzük. A szabad rezgés frekvenciája a *sajátfrekvencia*.

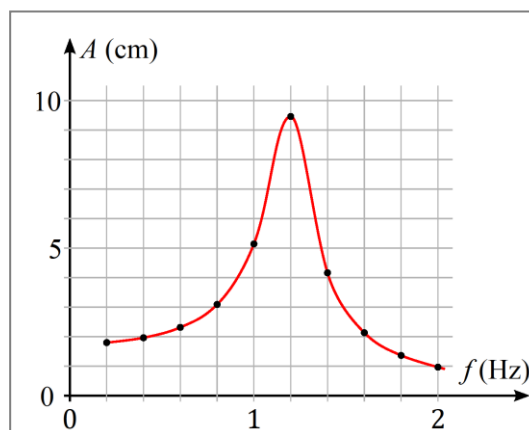
Ha a rezgő testre a rugalmas erőn és a csillapítást okozó erőn kívül még egy *külső periodikus erő is hat*, akkor *kényszerrezgés* jön létre. Kényszerrezgést végez például a rugóra függesztett test, ha a rugó felső végét kezünkkel periodikusan fel-le mozgatjuk. A kényszerrezgést létrehozó rendszert *gerjesztő rendszernek* nevezzük. (Az előző példában a kezünk a gerjesztő rendszer.) A gerjesztő rendszer által kifejtett periodikus erőt *gerjesztő erőnek*, a gerjesztő erő rezgésszámát a *gerjesztés frekvenciájának* hívjuk. A kényszerrezgést végző rendszert *gerjesztett rendszernek* is nevezik.

Ha a gerjesztő erő harmonikus, azaz az erő az időnek szinuszos függvénye, akkor a kényszerrezgést végző test kezdetben bonyolult, nem periodikus mozgást végez. Egy idő után azonban a mozgás egyre szabályosabb lesz, és állandó amplitúdójú, harmonikus rezgőmozgás alakul ki. Egy méréssorozatban megmértük, hogyan függ a rugóra rögzített test amplitúdója a gerjesztő erő frekvenciájától.

<i>f</i> (Hz)	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
<i>A</i> (cm)	1,8	2,0	2,3	3,1	5,1	9,5	4,2	2,2	1,4	1,0

Ha az amplitúdót a gerjesztő erő frekvenciájának függvényeként grafikonon ábrázoljuk, akkor a pontok egy kezdetben növekvő, majd csökkenő görbére illeszkednek.

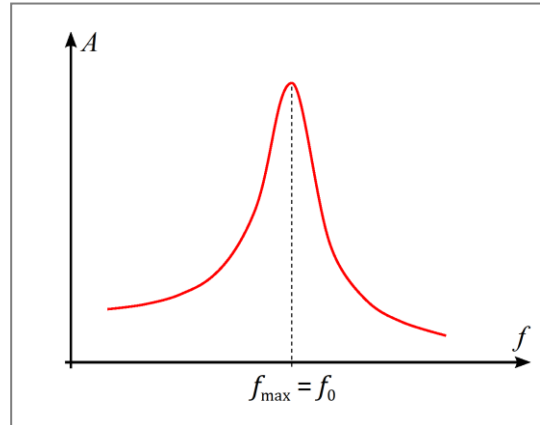
Az előző mérésnél megmértük a rugóra függesztett test szabad rezgéseinek frekvenciáját is, a sajátfrekvencia a mérés



szerint 1,2 Hz volt. Látható, hogy a gerjesztett rezgések amplitúdójának maximuma ugyanennél a frekvenciánál van, azaz:

$$f_{\max} = f_0 \cdot$$

A méréseket más sajátfrekvenciájú rendszerekkel megismételve mindig hasonló eredményeket kapunk: *A kényszerrezgést végző test amplitúdója függ a gerjesztő erő frekvenciájától. Az amplitúdó akkor maximális, ha a gerjesztő rendszer frekvenciája megegyezik a gerjesztett rendszer sajátfrekvenciájával. Ezt a jelenséget rezonanciának nevezzük.* A



kényszerrezgés amplitúdója és a gerjesztő rendszer frekvenciája közti kapcsolatot megadó függvénygörbét *rezonanciagörbének* hívjuk.

Rezonancia segítségével a nagyon kis amplitúdójú rezgések is felerősödhetnek vagy felerősíthetők. Ha azonban a rezonancia miatt az amplitúdó túlságosan nagyra válik, akkor a rezgések károkat okozhatnak a gerjesztett rendszerben.

Kiegészítések

1. A gerjesztett rezgéseket és a rezonanciát elsőként Leonhard *Euler* (1707–1783) svájci származású, de elsősorban Szentpétervárott dolgozó matematikus, fizikus tanulmányozta. Euler fizikusként elsősorban mechanikai problémákkal foglalkozott. Élete során mintegy 900 művet írt.
2. A lengő hintán a gyerekek a lábuk és a felsőtestük ütemes előre-hátra történő mozgásával képesek nagy amplitúdójú lengésbe hozni a hintát. Ez azonban csak akkor sikerül, ha a hinta sajátfrekvenciájával mozognak, és így rezonanciát hoznak létre.
3. A katonák nem tartanak lépést a hidakon, illetve az épületekben. Ha ugyanis a lépések üteme megegyezik a híd, illetve az épület sajátfrekvenciájával, akkor a rezonancia miatt az amplitúdó olyan nagyra válhat, hogy a híd leszakad, az épület összedől.
4. A gépek, járművek, építmények tervezésekor is figyelembe kell venni, hogy a rendszer sajátfrekvenciája ne egyezzen meg a lehetséges gerjesztő erők frekvenciájával. Az ilyen

rezonancia kellemetlen rezgéseket okozhat például járműveken (autóbusz, gépkocsi), de nagyobb katasztrófákat is okozhat.

A legismertebb ilyen szerencsétlenség az Amerikai Egyesült Államokban következett be 1940. november 7-én. Az újonnan épített 860 m fesztávolságú *Tacoma-híd* egy több napig tartó erősebb szélben leszakadt. A katasztrófát az okozta, hogy a hídra merőlegesen fújó szélben a hídpálya mögött légörvények alakultak ki. A légörvények periodikusan lökéseként gyakoroltak a hídra. (Ez a hatás okozza azt is, hogy a zászlók még egyenletes szélben is lobognak.) Az örvények keltette lökések frekvenciája éppen megegyezett a híd lengéseinek sajátfrekvenciájával. A kialakult rezonancia miatt a több méter amplitúdójú, és több órán át tartó rezgések végül is a híd leszakadásához vezettek. (A katasztrófáról filmfelvételek is készültek: <https://www.youtube.com/watch?v=3mclp9QmCGs>.)



Azóta a tervezők a különféle építmények modelljeit szélcsatornában is megvizsgálják, hogy nem alakulnak-e ki katasztrófát okozó örvények.

1950-re a hidat újjáépítették, sőt 2007-ben a megnövekedett forgalom miatt egy új hidat is építettek mellé. További információk: <http://fizkapu.hu/fizpont/tacoma.html>.

Képek jegyzéke

	<p>A kényszerrezgés amplitúdójának függése a frekvenciától</p> <p>© http://fizikakonyv.hu/rajzok/0342.svg</p>
	<p>Rezonanciagörbe</p> <p>© http://fizikakonyv.hu/rajzok/0343.svg</p>
	<p>A Tacoma híd leomlása</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tacoma-narrows-bridge-collapse.jpg</p>

Jelmagyarázat:

- © **Jogvéde**tt anyag, felhasználása csak a szerző (és az egyéb jogtulajdonosok) írásos engedélyével.
- W A **Wikimedia Commons**-ból származó kép, felhasználása az eredeti kép leírásának megfelelően.