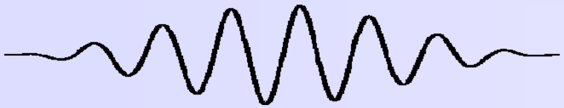
Dobhang fizikai alapú szintézise

Garamvölgyi Zsolt, V. évf. vill. szak.

Konzulens: dr. Bank Balázs
Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék

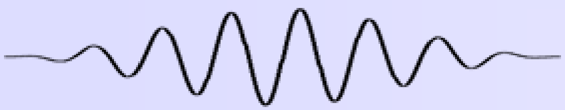
Fizikai alapú modellezés



matematikai leírás

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = c^2 \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}$$

Fizikai alapú modellezés



matematikai leírás

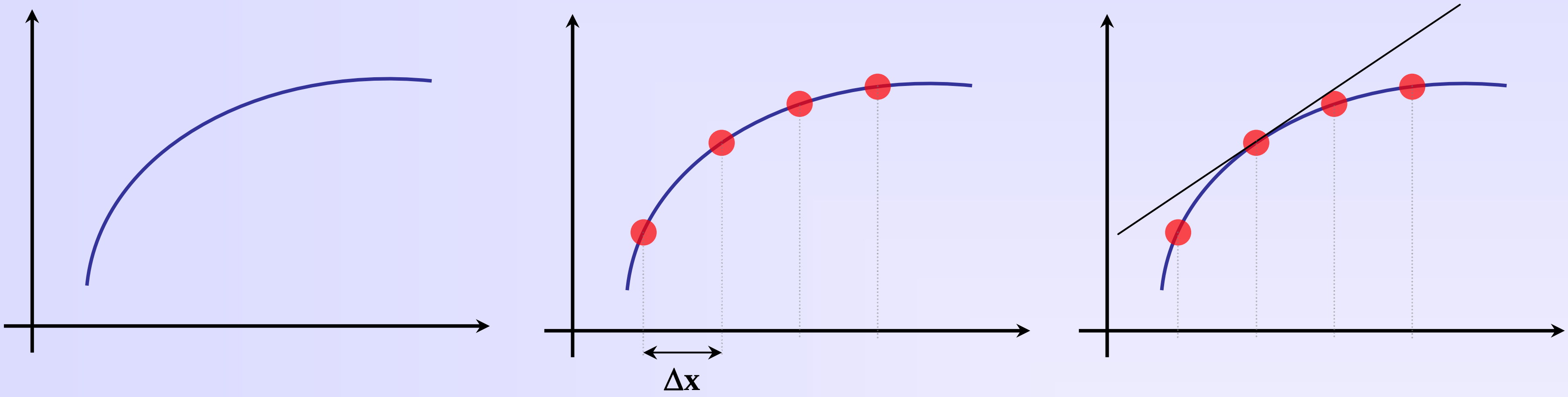
$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = c^2 \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}$$

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = c^2 \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}$$

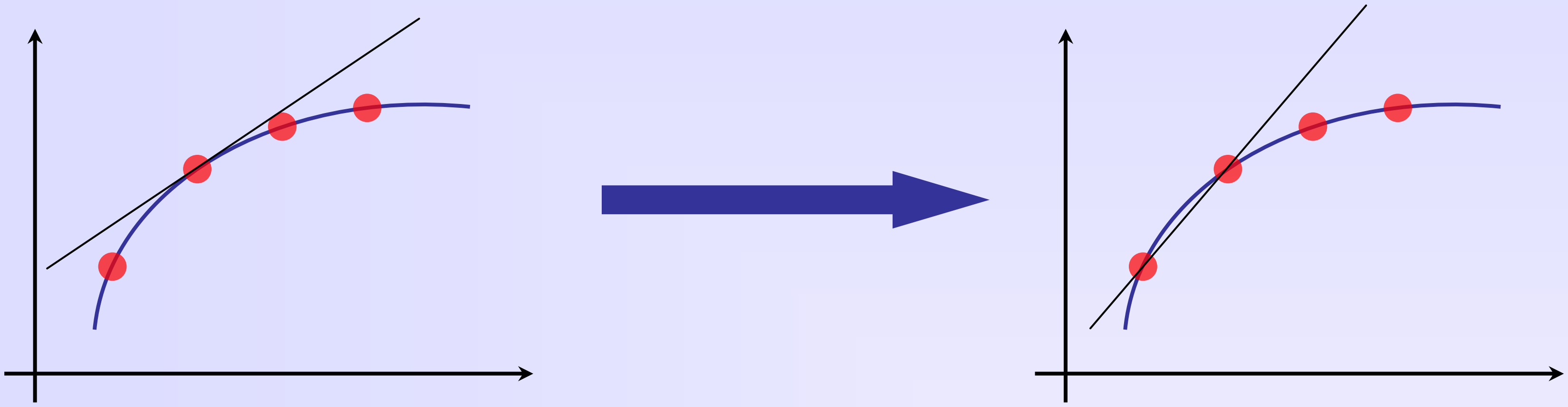
diszkretizáció

DIGITÁLIS MODELL

Véges differencia módszer

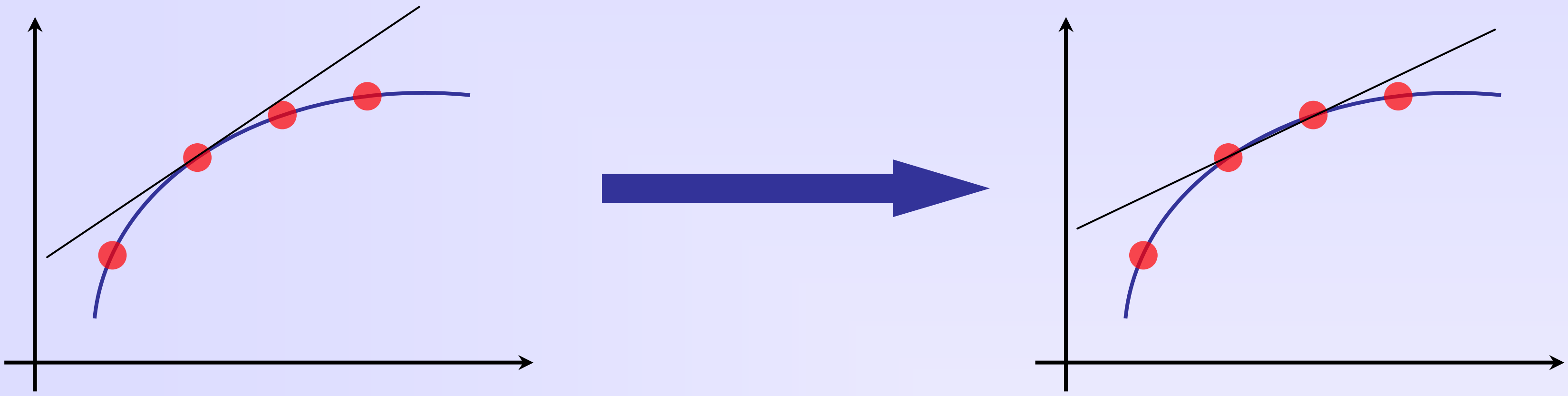


Véges differencia módszer



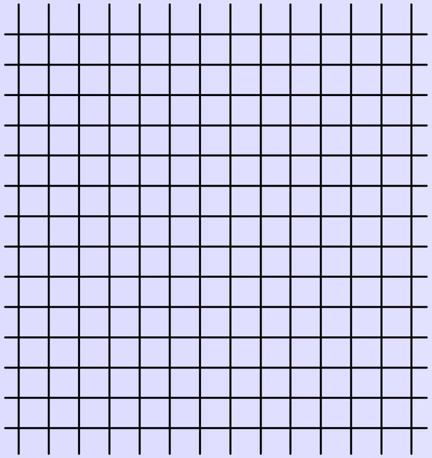
$$\frac{df}{dx} \approx \frac{f_n - f_{n-1}}{\Delta x}$$

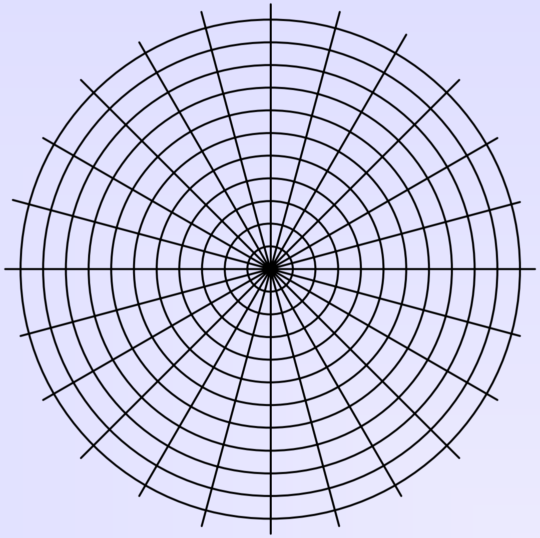
Véges differencia módszer

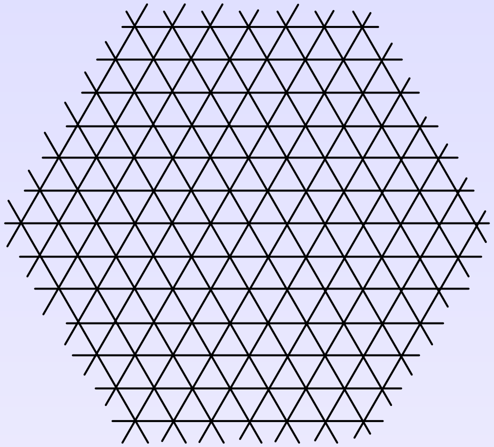


$$\frac{df}{dx} \approx \frac{f_{n+1} - f_n}{\Delta x}$$

A membrán térbeli diszkretizációja







Descartes-féle koordinátarendszer

síkbeli polárkoordinátarendszer

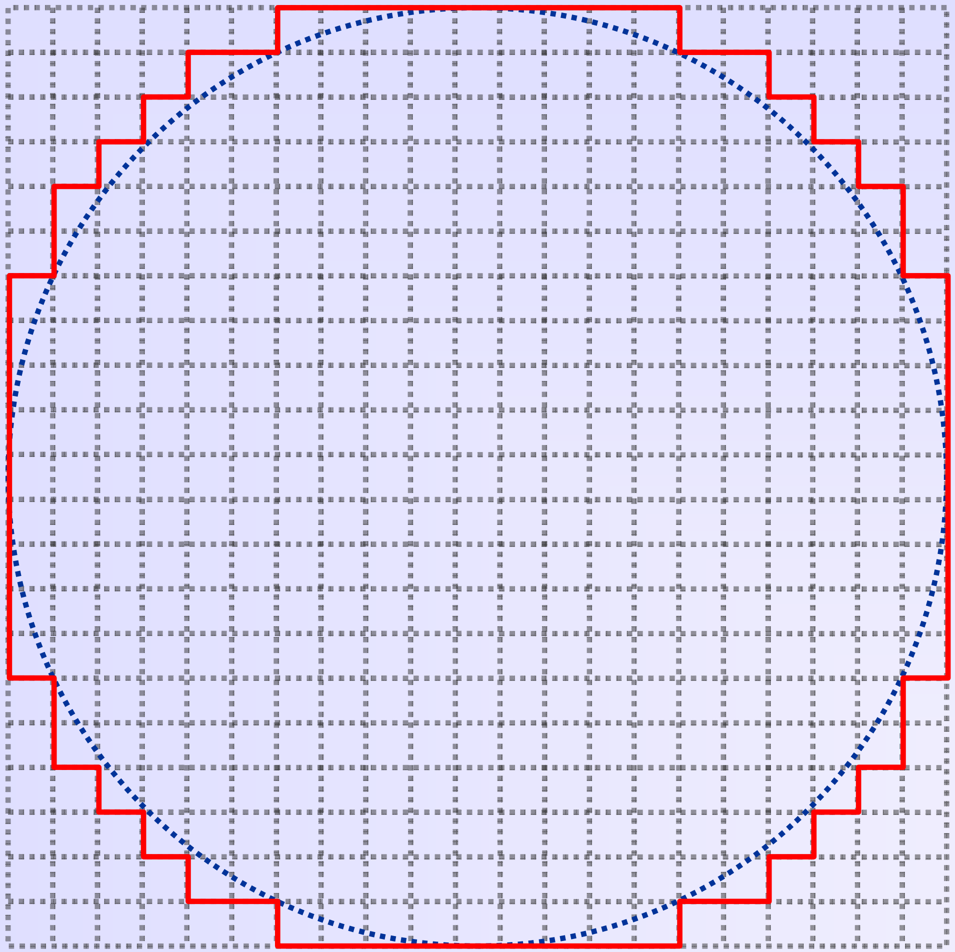
trianguláris koordinátarendszer

$$\frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = c^2\left(\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2}\right)$$

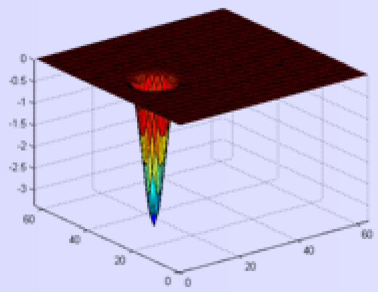
$$\frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = c^2\left(\frac{\partial^2 z}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial z}{\partial r} + \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 z}{\partial \varphi^2}\right)$$

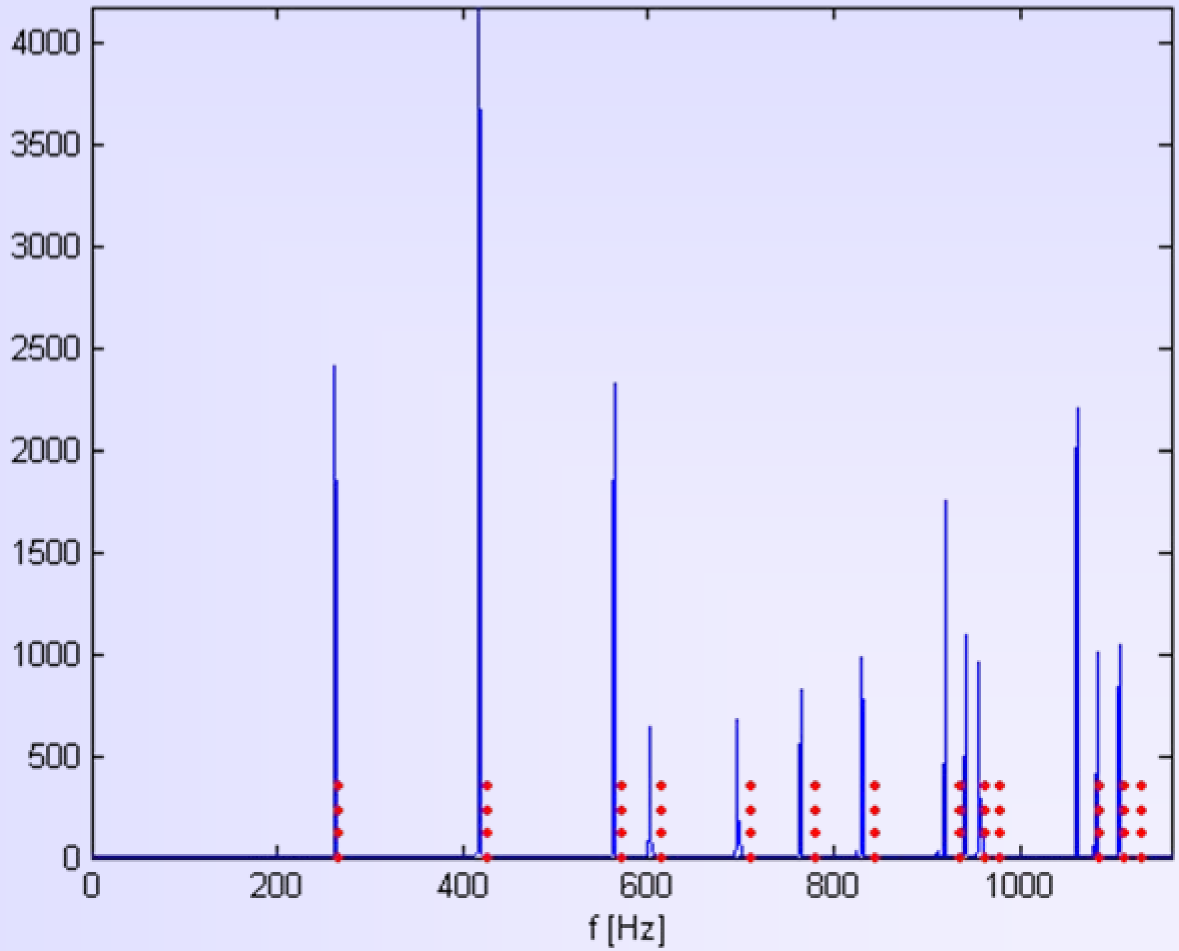
$$\frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = c^2\,\frac{2}{3}\left(\frac{\partial^2 z}{\partial l^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial m^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial x^2}\right)$$

Kör alakú membrán



A kitérés-idő függvény spektruma





A membrán egyenlete

$$\frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = \frac{T}{\sigma} \cdot \left(\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} \right)$$

ideális membrán

A membrán egyenlete

$$\frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = \frac{T}{\sigma} \cdot \left(\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} \right) - R_1 \frac{\partial z}{\partial t}$$

ideális membrán

csillapítás

A membrán egyenlete

$$\frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = \frac{T}{\sigma} \cdot \left(\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} \right) - R_1 \frac{\partial z}{\partial t} + R_2 \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} \right)$$

ideális membrán

csillapítás

frekvenciafüggő veszteség

A membrán egyenlete

$$\frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = \frac{T}{\sigma} \cdot \left(\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} \right) - R_1 \frac{\partial z}{\partial t} + R_2 \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} \right) - S \cdot \left(\frac{\partial^4 z}{\partial x^4} + \frac{\partial^4 z}{\partial y^4} \right)$$

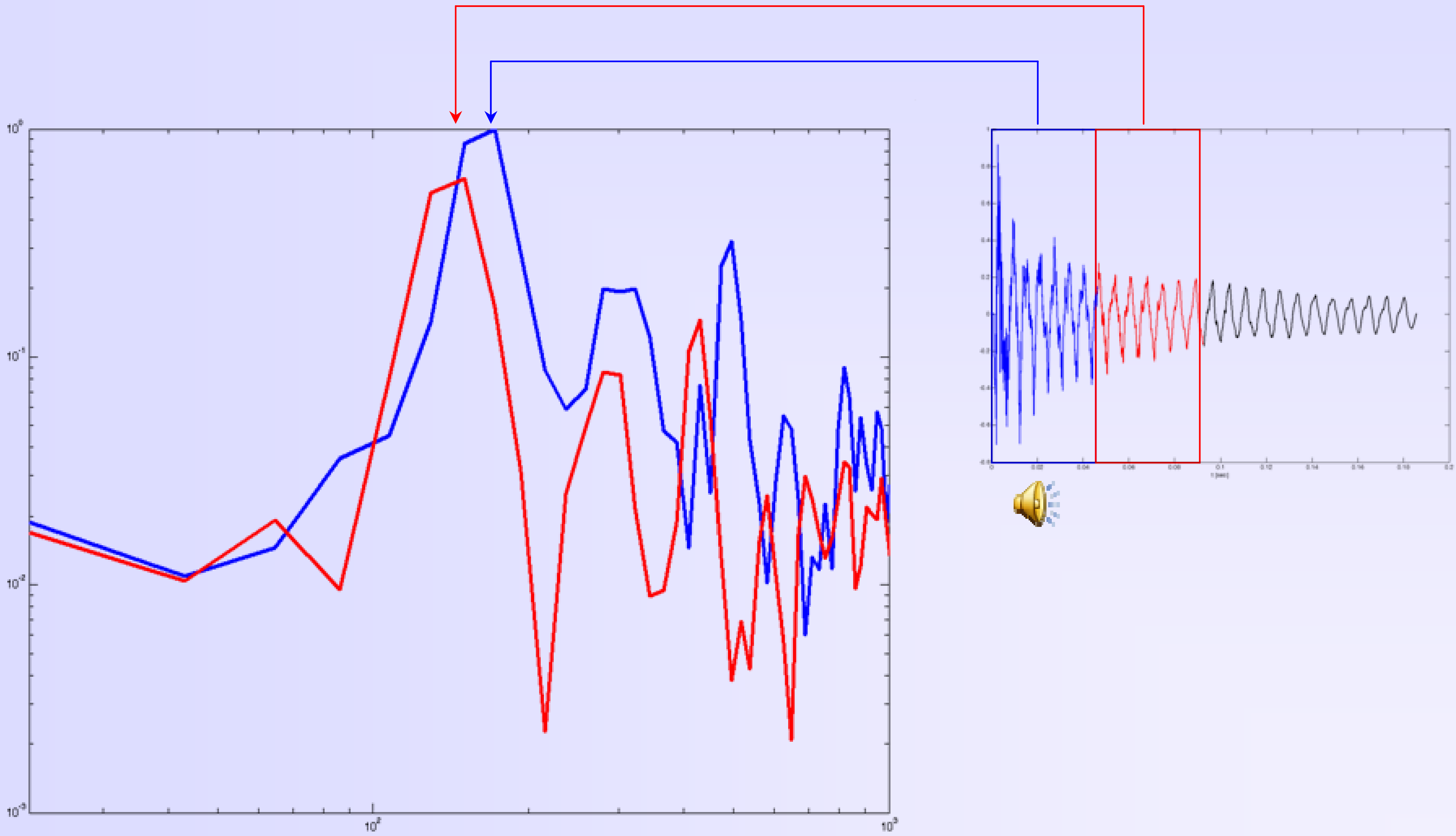
ideális membrán

csillapítás

frekvenciafüggő veszteség

diszperzió

Nemlineáris membrán



A membrán egyenlete

$$\frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = \frac{T}{\sigma} \cdot \left(\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} \right) - R_1 \frac{\partial z}{\partial t} + R_2 \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} \right) - S \cdot \left(\frac{\partial^4 z}{\partial x^4} + \frac{\partial^4 z}{\partial y^4} \right)$$

ideális membrán

csillapítás

frekvenciafüggő veszteség

diszperzió

$$T = T_0 + T(t)$$

nemlineáris viselkedés

Nemlineáris membrán

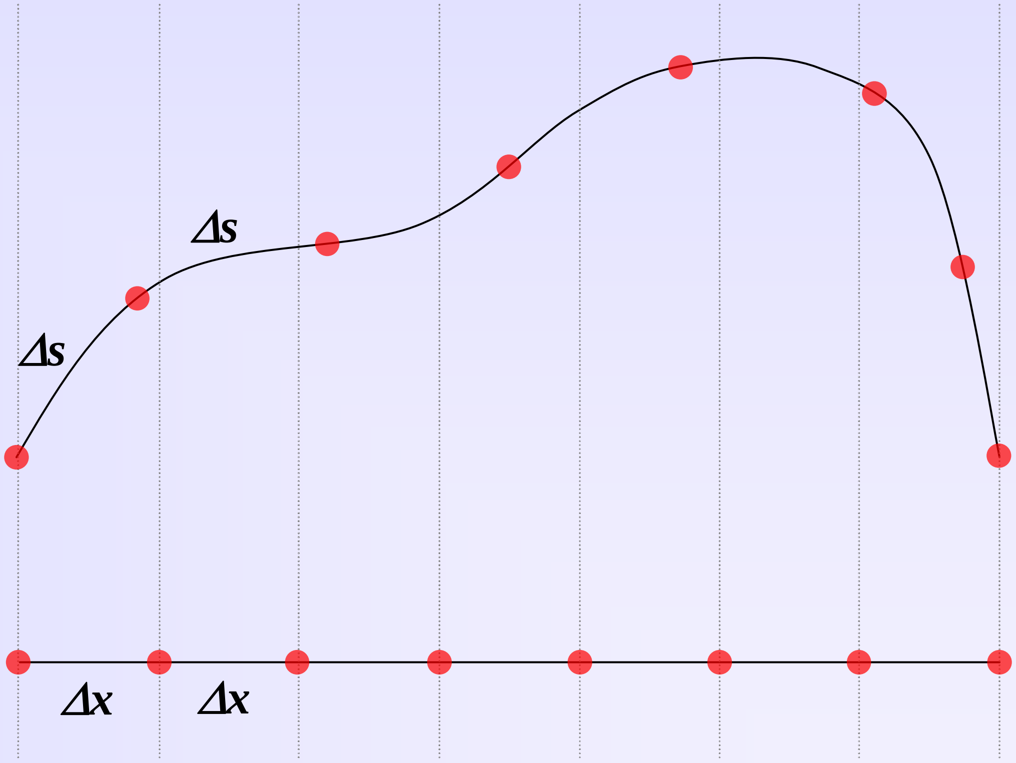
általános esetben $T = T(x, y, t)$

Nemlineáris membrán

$$v_{longitudinális} >> v_{transzverzális}$$

$$\Downarrow$$

$$T = T(t)$$



Nemlineáris membrán

$$T(A) = P \cdot (A - A_0)$$

Nemlineáris membrán

$$T(A) = P \cdot (A - A_0)$$

$$A = \int_0^{L_y} \int_0^{L_x} \sqrt{1 + \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2} \sqrt{1 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2} \, dxdy$$

Nemlineáris membrán

$$T(t) = K \cdot \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} \left(D_1^2 + D_2^2 + \frac{1}{2} D_1^2 D_2^2 \right)$$

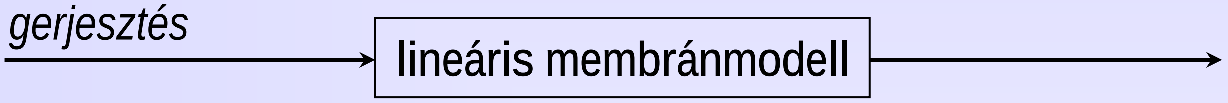
Nemlineáris membrán

$$T(t) = K \cdot \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} \left(D_1^2 + D_2^2 + \frac{1}{2} D_1^2 D_2^2 \right)$$

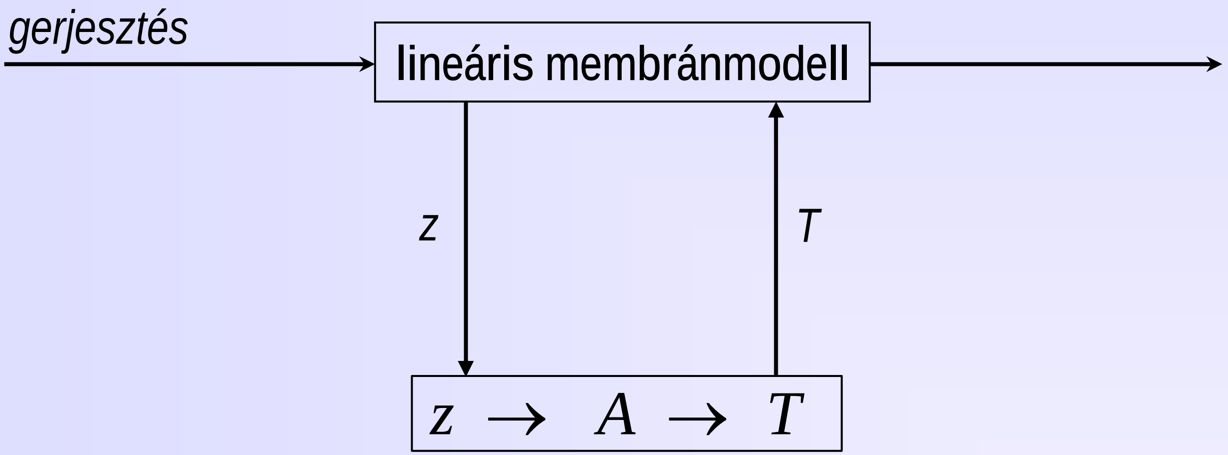
$$D_1 \xleftarrow{\text{diszkretizáció}} \frac{\partial z}{\partial x}$$

$$D_2 \xleftarrow{\text{diszkretizáció}} \frac{\partial z}{\partial y}$$

Lineáris membránmodell

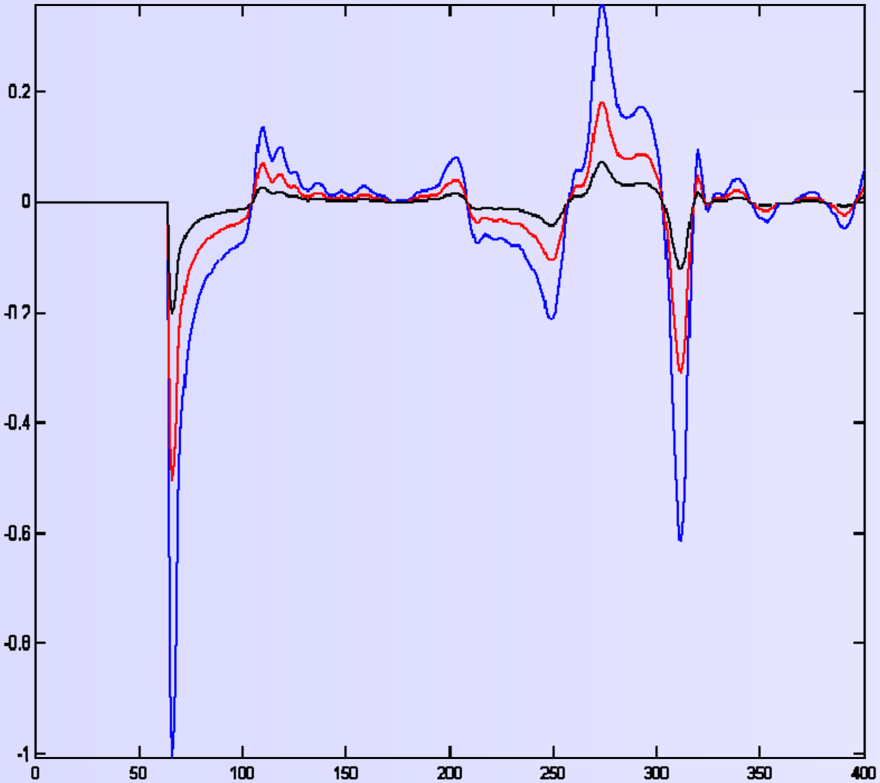


Nemlineáris membránmodell

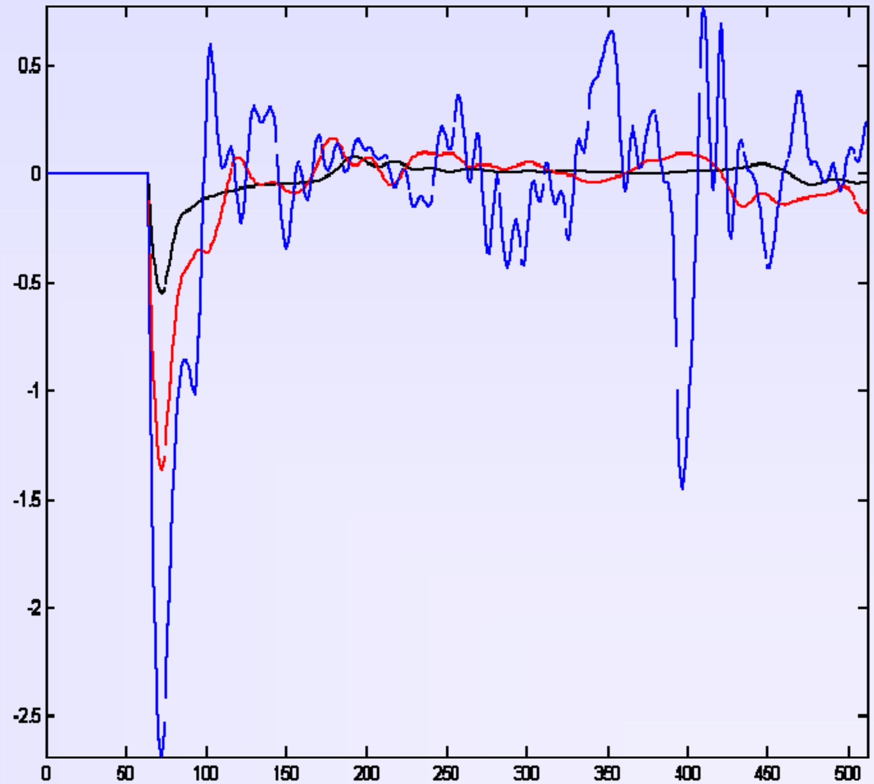


A gerjesztés-válasz kapcsolat nemlinearitása

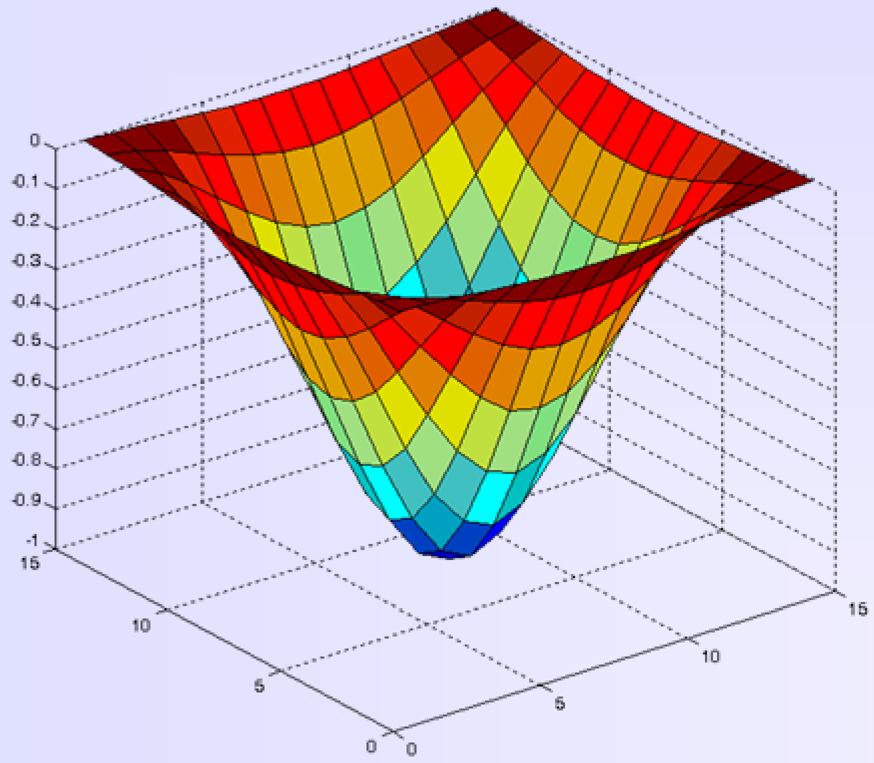
lineáris modell



nemlineáris modell



A gerjesztés modellezése



A dobverő modellezése

$$\frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = -S \cdot \frac{\partial^4 z}{\partial x^4}$$

ideális merev rúd

A dobverő modellezése

$$\frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = -S \cdot \frac{\partial^4 z}{\partial x^4} - R_1 \frac{\partial z}{\partial t}$$

ideális merev rúd

csillapítás

A dobverő modellezése

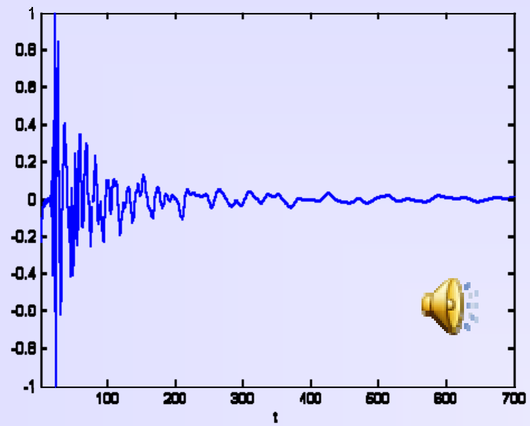
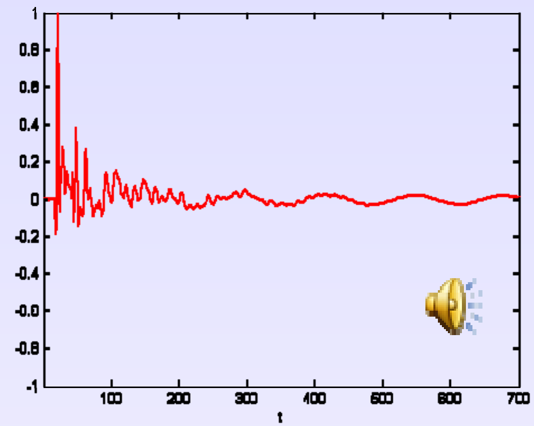
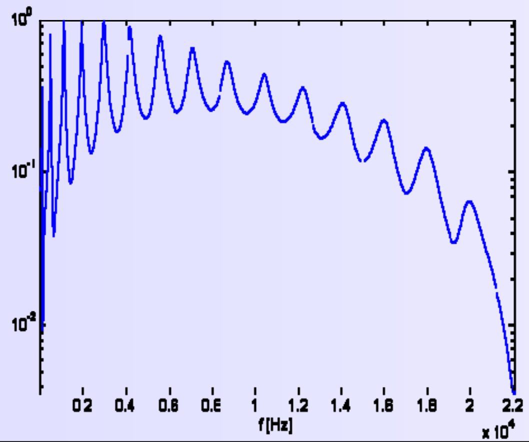
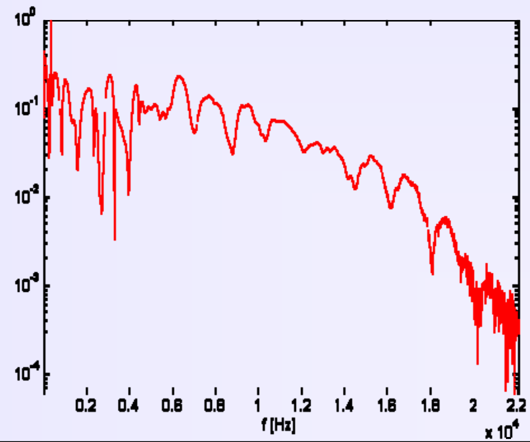
$$\frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = -S \cdot \frac{\partial^4 z}{\partial x^4} - R_1 \frac{\partial z}{\partial t} + R_2 \frac{\partial^3 z}{\partial t \partial x^2}$$

ideális merev rúd

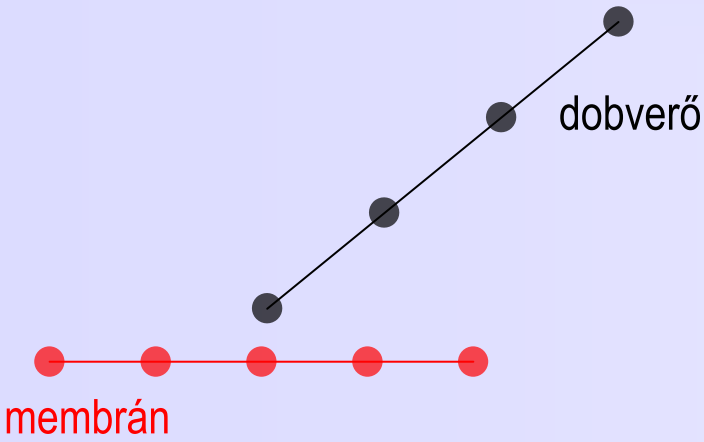
csillapítás

frekvenciafüggő veszteség

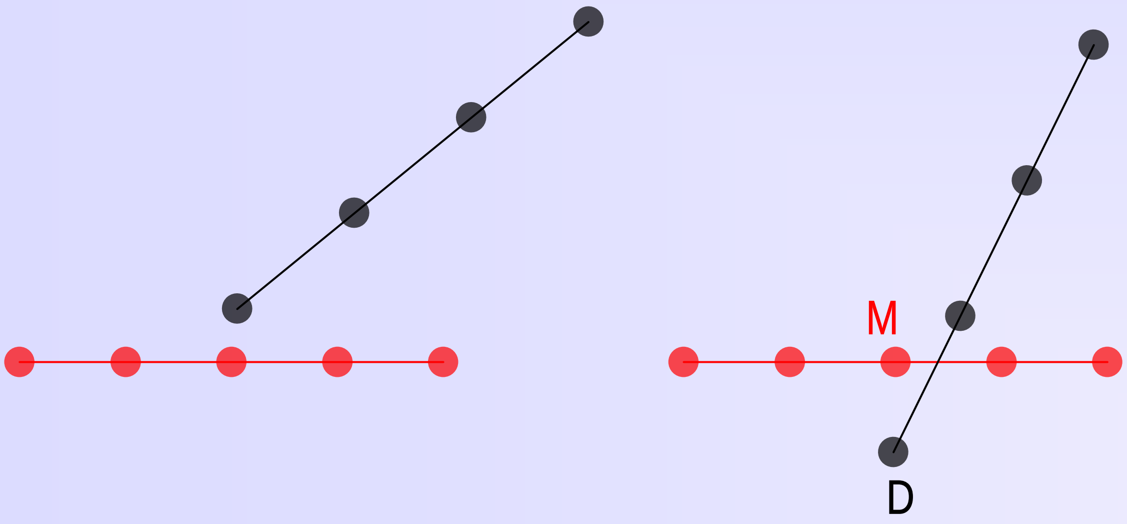
A dobverő modellezése

	modell	mérés
gyorsulás-idő függvény		
spektrum		

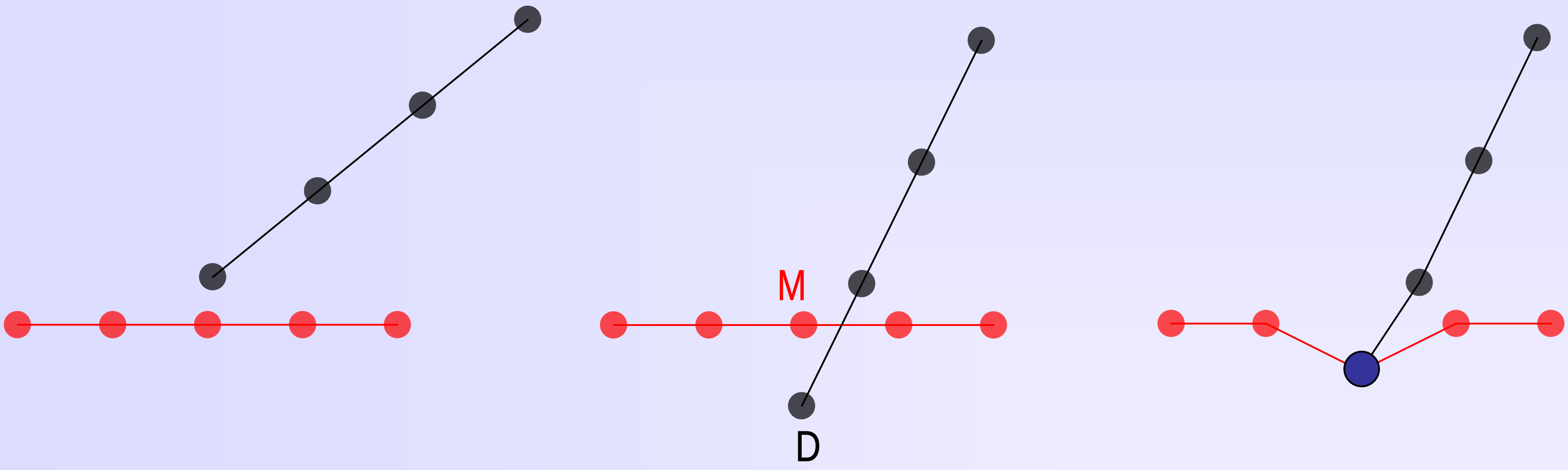
Az ütközés modellezése



Az ütközés modellezése



Az ütközés modellezése



Összefoglalás

- A VDM részletes vizsgálata
- A VDM modellek stabilitásának vizsgálata
- VDM alapú membránmodell felépítése
- A dobhangot leginkább befolyásoló jelenségek integrálása a membránmodellbe
- A dobverő mint elosztott rezgő rendszer modellezése
- Az ütközés modellezése

Jövőbeli tervek

- hangterjedés modellezése
- dobtest modellezése
- a membrán és a gerjesztés modelljének fejlesztése
- valós idejű megvalósítás
- egyéb fizikai alapú modellezési módszerek vizsgálata (pl. VEM, modális módszerek)