

Mechanikus elemkönyvtár



Elmozdulás port

Fő fizikai jellemzők:

Sebesség [m/s]

Erő [N]

$$v = \frac{dx}{dt} \quad \text{"velocity"}$$

$$a = \frac{d^2x}{dt^2} \quad \text{"acceleration"}$$



Forgás port

Fő fizikai jellemzők:

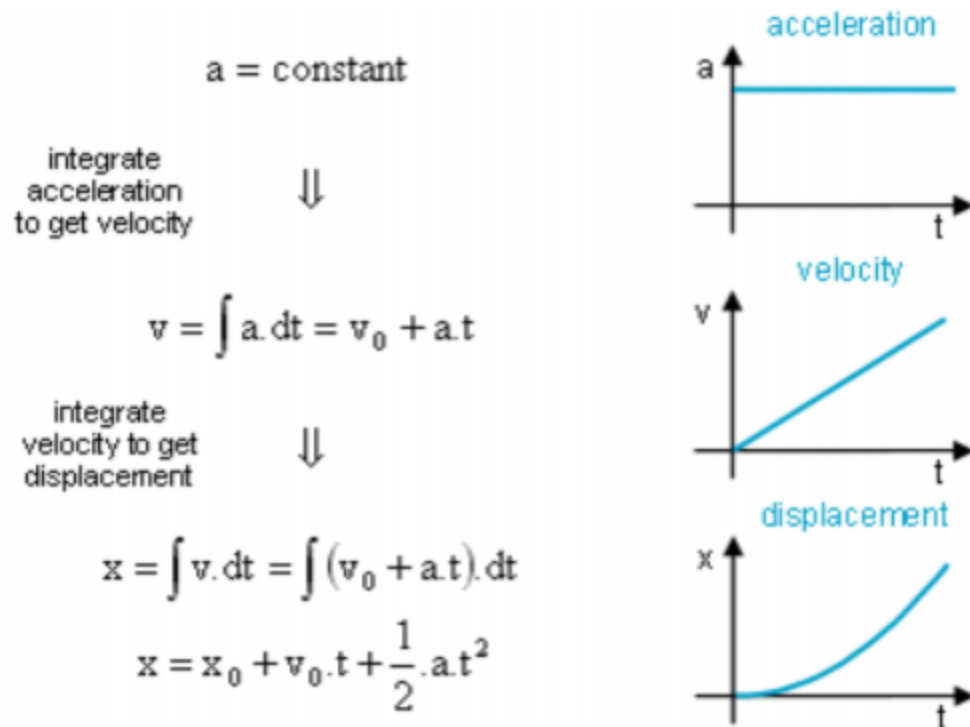
Fordulatszám [1/min]

Nyomaték [Nm]

$$\omega = \frac{d\phi}{dt} \quad \text{"angular/rotary velocity"}$$

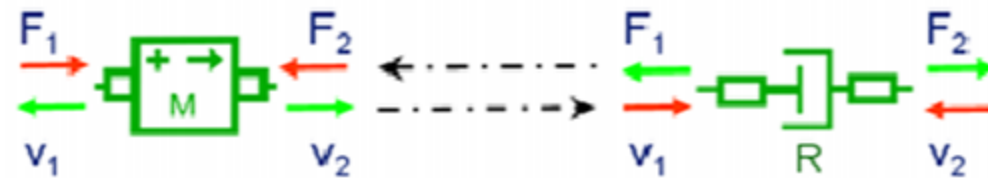
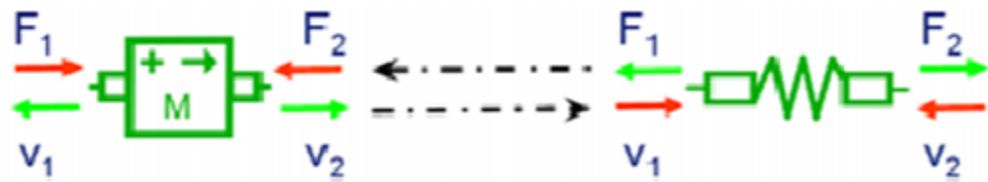
$$\alpha = \frac{d^2\phi}{dt^2} \quad \text{"angular/rotary acceleration"}$$

Elmozdulás, sebesség, gyorsulás

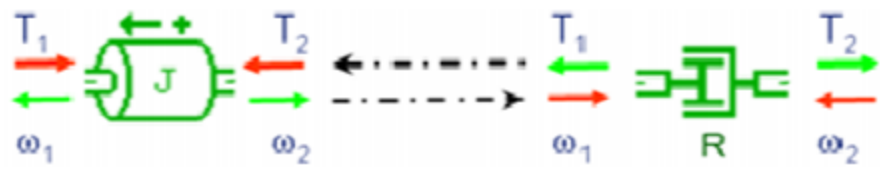
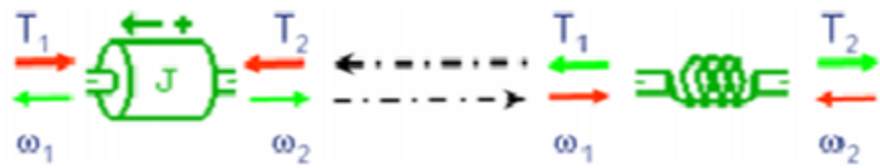


Vagyis x_0 (kezdeti pozíció) és v_0 (kezdősebesség) értékeit is meg kell adni.

Kapcsolási lehetőségek – lineáris elmozdulás



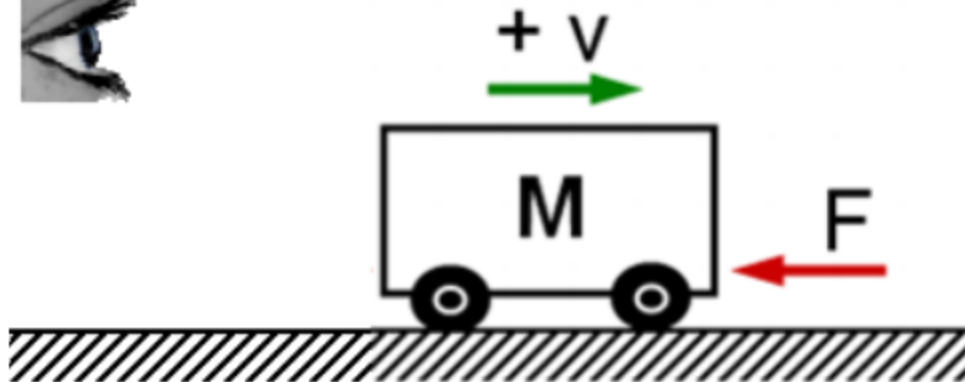
Kapcsolási lehetőségek – forgás



Előjelkonvenciók: mozgás



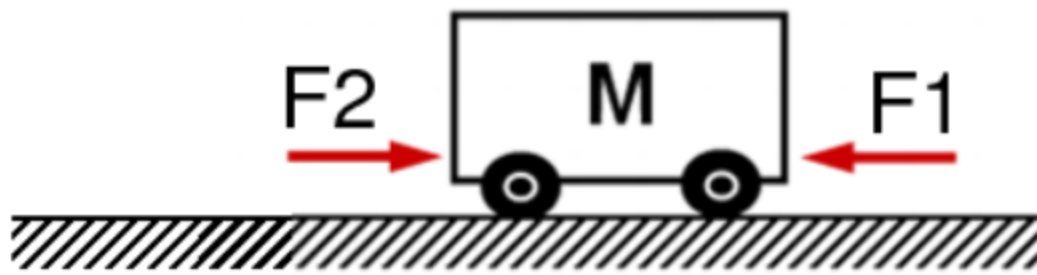
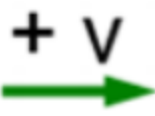
=



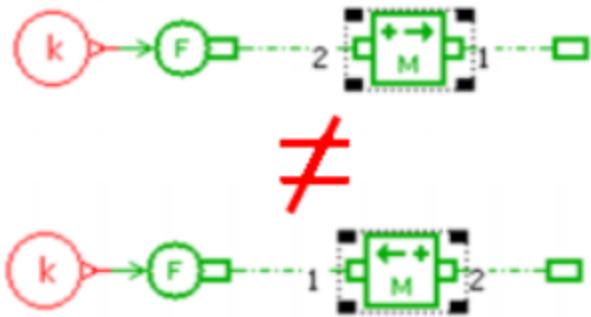
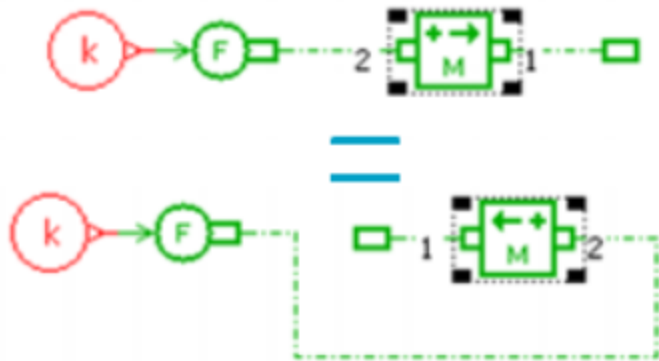
Előjelkonvenciók: erő



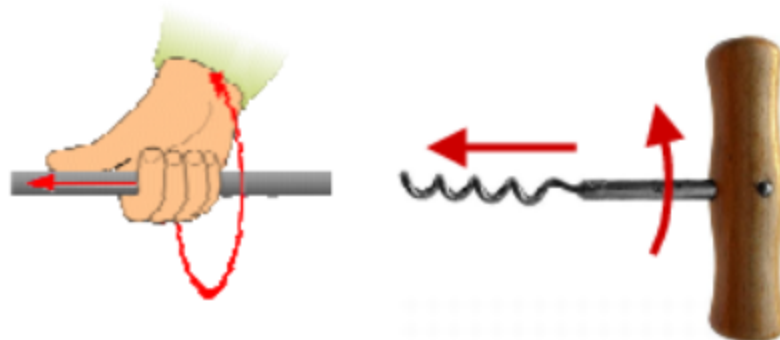
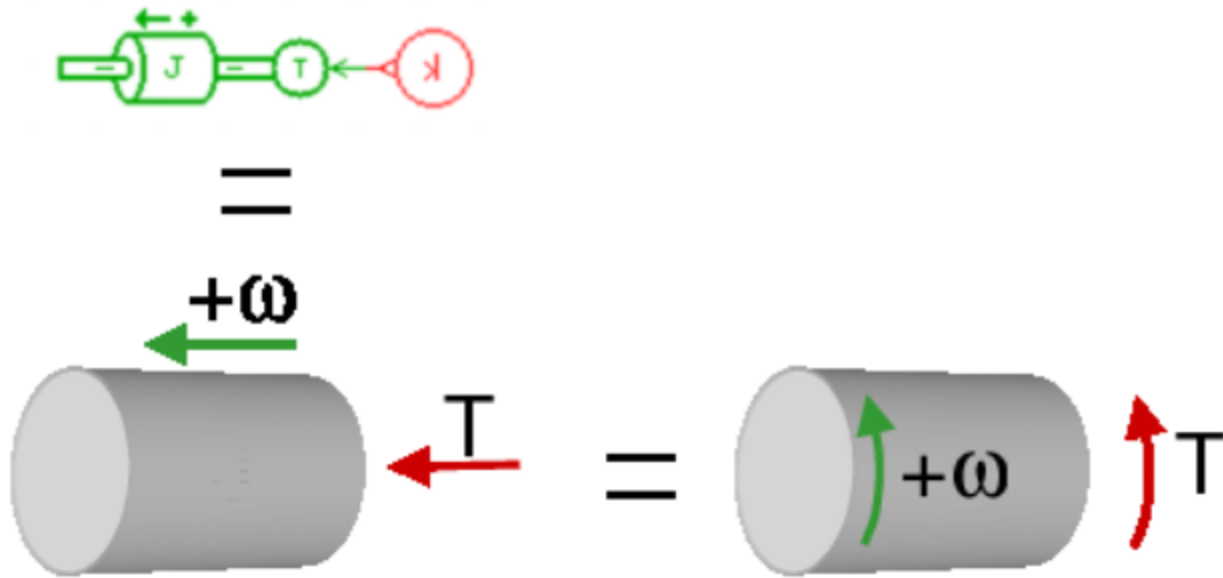
=



Előjelkonvenciók: erő



Előjelkonvenciók: szögsebesség



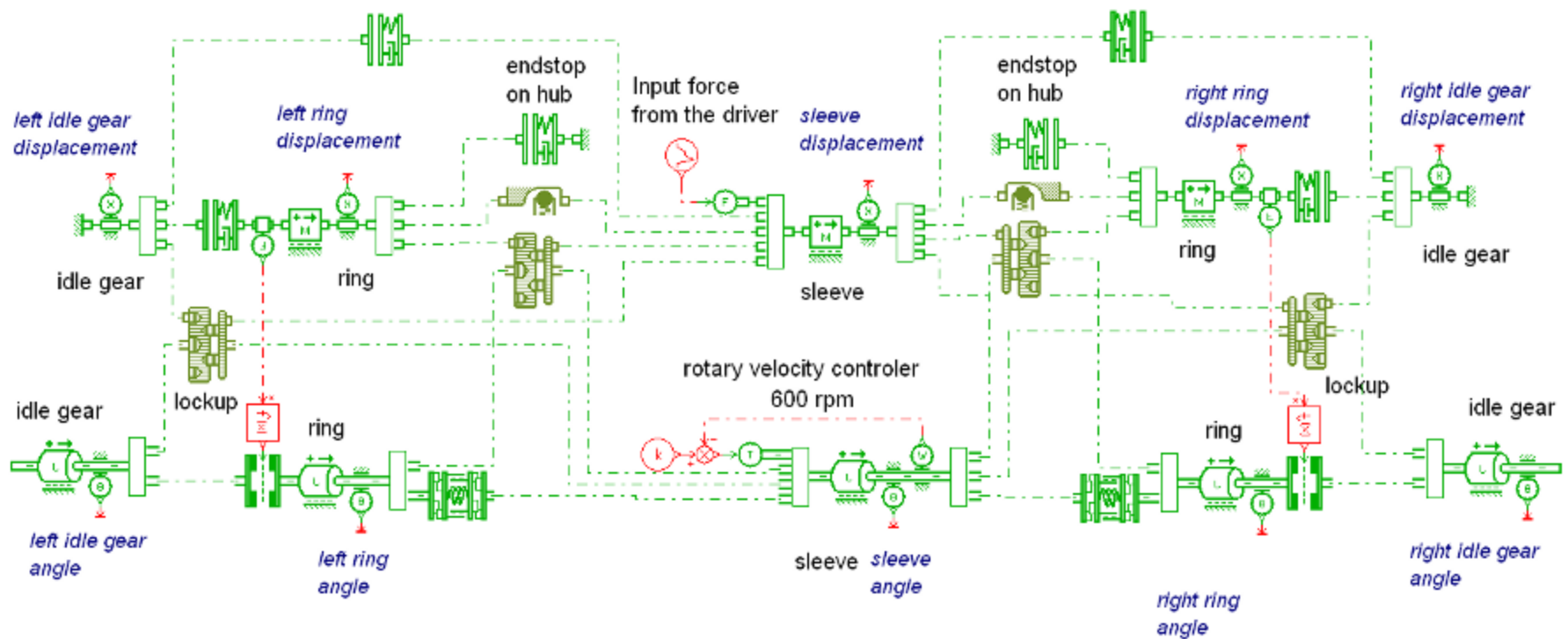
"Jobbkézsabály"

Előjelkonvenciók:

Javaslat: célszerű minden tömeg/inercia ikont úgy elhelyezni, hogy a nyilak pozitív iránya mindegyiknél ugyanaz legyen.



synchronizer model



Gravitáció

Alapértelmezett értéke: $9.80665 \frac{m}{s^2}$

Ikon orientáció: nem számít.



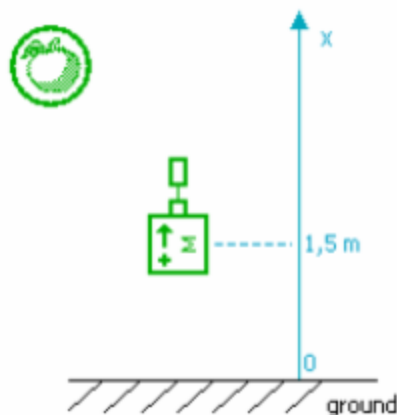
"Inclination" paraméter

Ha az értéke +90:

A gravitációból származó sebesség pozitív.


Ha az értéke -90:

A gravitációból származó sebesség negatív.



Change Parameters

Submodel

 **mass1 port [MAS001]** External variables

1 port mass capable of one-dimensional motion

Parameters

Title	Value	Unit
velocity at port 1	10	m/s
displacement port 1	1.5	m
mass	0.1	kg
inclination (+90 port 1 lowest, -90 port 1 highest)	-90	degree

Save Load Default value Reset title Max. value Min. value Help Close Options >>

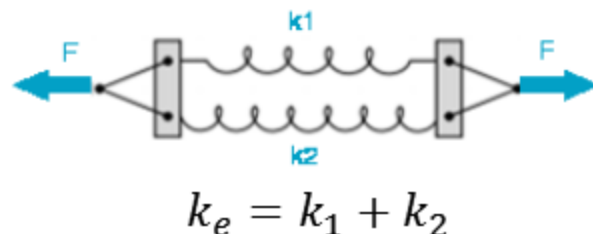
Rugók

Egyszerű lineáris rugó: Hooke-törvény $F = -k \cdot x$

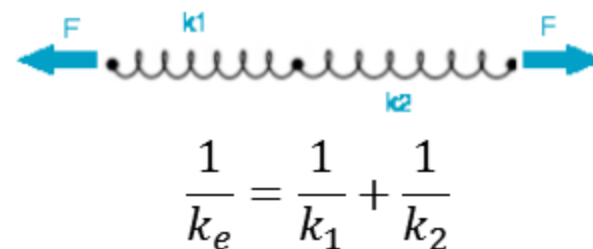
Rugóállandó ("k") negatív előjele:

a rugó által kifejtett erő ("F") az elmozdulás ("x") irányával ellentétes.

Párhuzamos kapcsolás: a rugóállandók összeadódnak.



Soros kapcsolás: a rugóállandók reciproka adódik össze.



Pozitív rugóerő: a rugó hossza csökkent (kompresszió).

Negatív rugóerő: a rugó hossza nőtt (expanzió).

Csillapítások

Csillapítás: az a hatás, ami egy oszcilláló rendszerben csökkenti az oszcilláció amplitúdóját.

Csillapítási erő sebességfüggő csillapításnál: $F = -c \cdot v$

Csillapítási tényező ("c") negatív előjele: a csillapító erő a sebesség irányával ellentétes.

Csillapítási tényező \neq csillapítási hányados!

Csillapítási hányados ("z"): annak a százalékos mértéke, hogy egy másodrendű rendszerben az amplitúdó két egymást követő periódus során milyen mértékben csökken.

$$c = 2 \cdot z \cdot \sqrt{k \cdot m}$$

"c": csillapítási tényező $\left[\frac{N}{m/s} \right]$

"z": csillapítási hányados [%]

"k": a másodrendű rendszerben alkalmazott rugók egyenértékű rugóállandója $\left[\frac{N}{m} \right]$

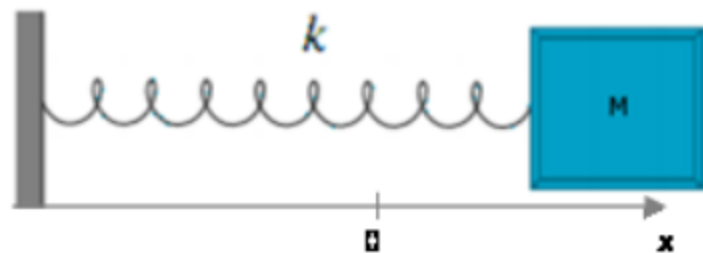
"m": a másodrendű rendszerben alkalmazott tömegek egyenértékű tömege [kg]

Harmonikus oszcillációk

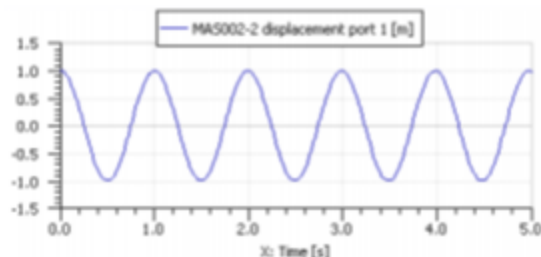
Minden, tömeggel és deformációs képességgel rendelkező rendszer képes oszcillációra.

Mivel az iparban alkalmazott anyagok túlnyomó többsége képes deformálódni, és mindegyiknek van tömege, így megfelelő gerjesztésre csaknem minden oszcillál.

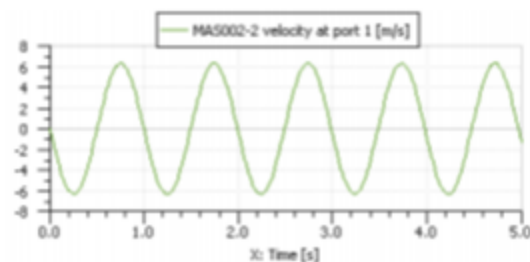
Egyszerű harmonikus oszcillátor



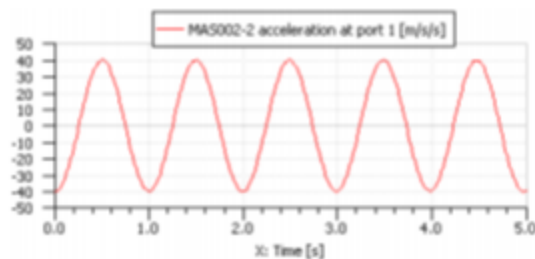
Elmozdulás



Sebesség

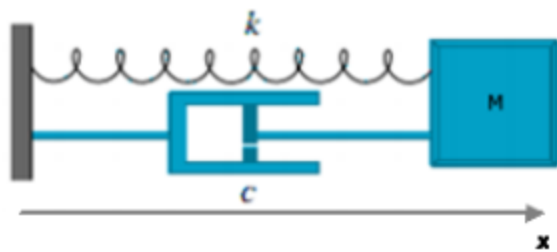


Gyorsulás



Harmonikus oszcillációk

Csillapított oszcillátor

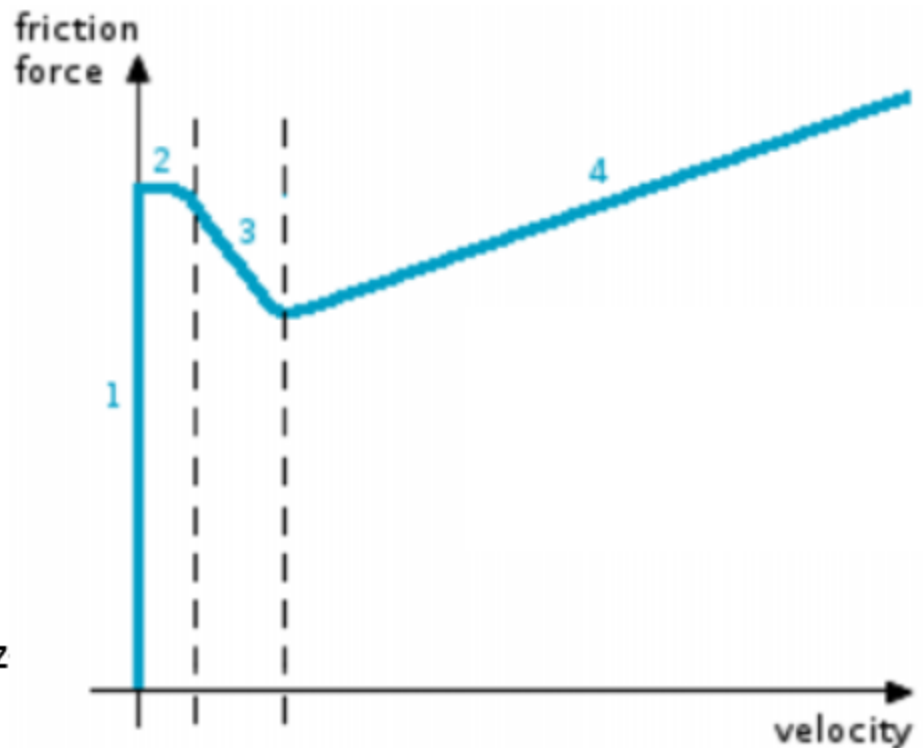


Tartomány	Leírás	Illusztráció
Csillapítatlan $z = 0$ $c = 0$	A rendszer a természetes rezonanciafrekvenciáján oszcillál. $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$	
Alulcsillapított $0 < z < 1$ $0 < c < 2 \cdot \sqrt{k \cdot m}$	Csökkentett frekvencián oszcillál, az amplitúdó 0-hoz tart.	
Kritikus csillapítás $z = 1$ $c = 2 \cdot \sqrt{k \cdot m}$	A rendszer a lehető leggyorsabban beáll egyensúlyi állapotba, oszcilláció nélkül. Legtöbbször ez a kívánt állapot.	
Túlcsillapított $z > 1$ $c > 2 \cdot \sqrt{k \cdot m}$	A rendszer beáll egyensúlyi állapotba, de ehhez több idő szükséges.	

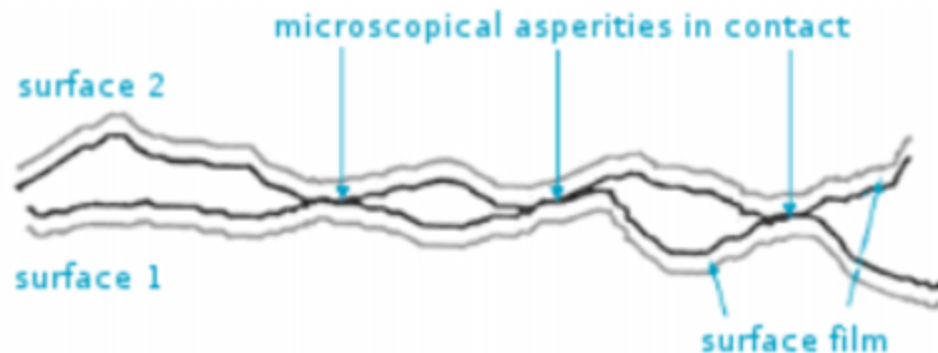
Súrlódások

1. Tapadósúrlódás
2. Csúszósúrlódás
3. Részleges folyadéksúrlódás
4. Teljes folyadéksúrlódás

Tapadósúrlódás: a két súrlódó test egymáshoz képest nyugalomban van. Az erő arányos a mikroszkopikus elmozdulásból adódó deformációval.

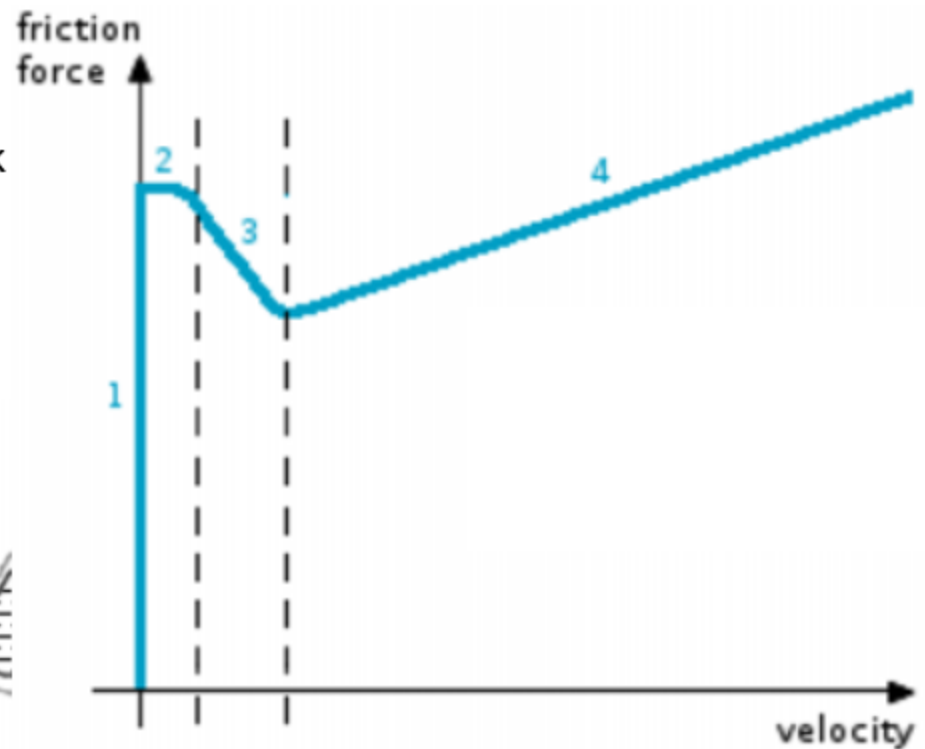
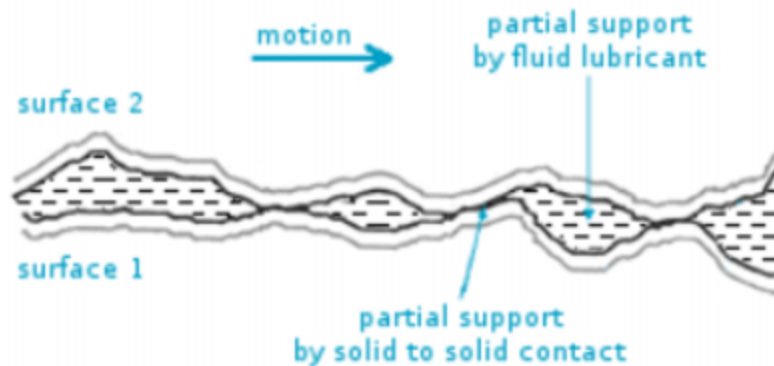


Csúszósúrlódás: a relatív sebesség túl alacsony hogy a két test közötti folyadék bármilyen hatással legyen a súrlódóerőre. A súrlódóerő ekkor független a sebességtől.

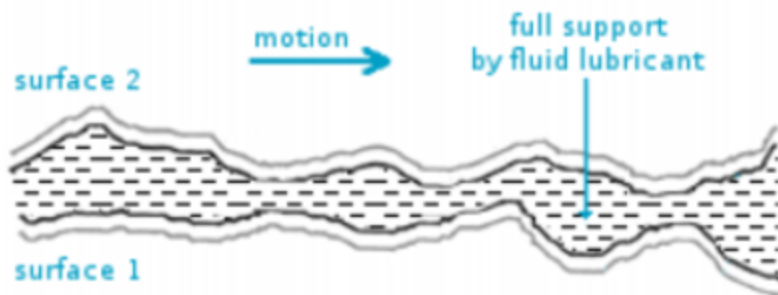


Súrlódások

Részleges folyadéksúrlódás: a folyadék hatása kezd érvényesülni a növekvő relatív sebesség miatt, a súrlódóerő csökken. Ez a "Stribeck-hatás".



Teljes folyadéksúrlódás: a két test között csak a folyadékfilmen keresztül van érintkezés, a viszkózus hatások dominálnak: viszkózus súrlódás.



Súrlódások

Száraz ("Coulomb") súrlódás:

$$F_s = F_C \cdot \text{sign}(v)$$

ahol

$$F_C = \mu \cdot F_n$$

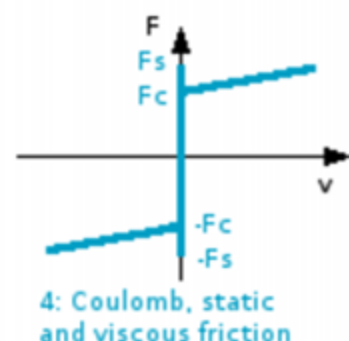
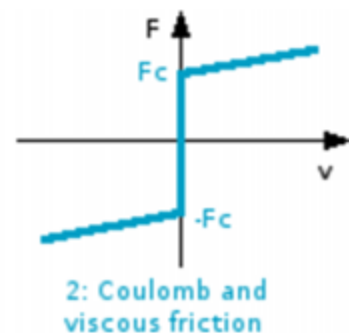
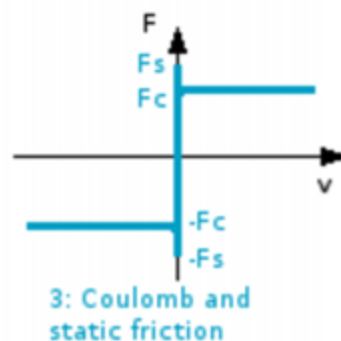
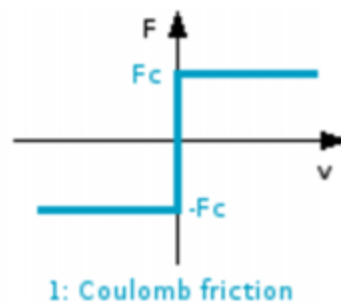
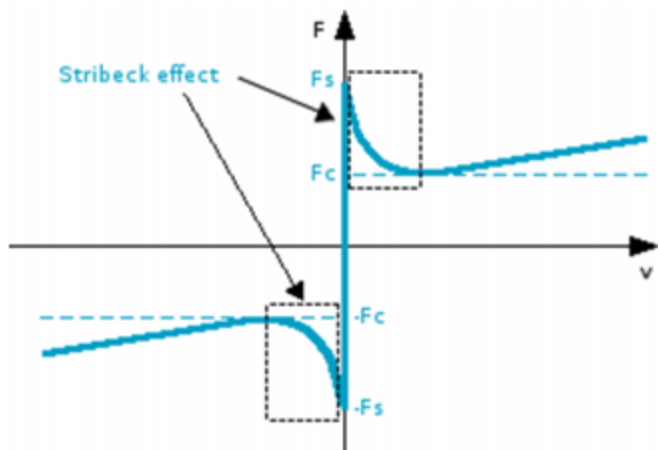
" F_s ": súrlódóerő [N]

" F_C ": Coulomb súrlódási erő [N]

" F_n ": normál (érintkező felületre merőleges) erő [N]

" μ ": súrlódási tényező [-]

Tapadósúrlódás: "stiction force".
Elszakadási ("break-away") erő:
ami szükséges ahhoz hogy a test
mozgásba kezdjen.



Súrlódások

Viszkóz súrlódás: a súrlódóerő a sebességgel egyenesen arányos:

$$F_v = -b \cdot v$$

" b ": viszkóz súrlódási koefficiens $\left[\frac{N}{m/s} \right]$













"windage" súrlódás: légellenállás: $F_w = -\frac{1}{2} c_d \cdot \rho \cdot A \cdot \text{sign}(v) \cdot v^2$

" c_d ": "drag coefficient", azaz ellenállástényező [-]

" ρ ": közegsűrűség $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$

" A ": áramlásra merőleges keresztmetszet [m^2]

Súrlódások modellezése

	Coulomb model	Coulomb model with hyperbolic tangent	Karnopp model	Dahl model	Reset integrator model	LuGre model
Translational component						
Rotational component						
Model type	static	static	static	dynamic	dynamic	dynamic
Coulomb force	★★	★★	★★	★★	★★	★★
Stiction force (1)	★★		★★		★★	★★
Pre-sliding (1)		★		★★	★★	★★
Stribeck effect (1)			★★		★★	★★
Stick-slip (1)	★		★★		★★	★★
Viscous friction	★★					★★
Frictional lag (1)						★
Specific capability		continuous model		continuous model	real-time compatible	continuous model
Number of parameters	low	low	medium	low	medium	high

Ütközés

Ütközés: két vagy több test relatív magas erőt fejt ki egymásra relatív rövid ideig.

Elasztikus: lendület és energia megmarad.

Inelasztikus: lendület megmarad, az energia egy része disszipálódik.

Plasztikus: lendület megmarad, az energia egy része disszipálódik, a két test összetapad.

A két test közötti távolság elnevezése: "gap" vagy "clearance". Az ütközés arra az időtartományra korlátozódik, amíg ez a távolság 0 (érintkezés) vagy negatív (deformáció).

"Endstop": olyan eszköz, ami egy vagy több test mozgását egy irányban behatárolja. (1D!)

"Double endstop": egy vagy több test mozgását mindkét irányban behatárolja.

Ütközés modellezése

"Coefficient of Restitution"
$$C_r = \frac{v_{2f} - v_{1f}}{v_{1i} - v_{2i}}$$

v_{1f} : az egyik test sebessége az ütközés után ("final velocity")

v_{2f} : a másik test sebessége az ütközés után

v_{1i} : az egyik test sebessége az ütközés előtt ("initial velocity")

v_{2i} : a másik test sebessége az ütközés előtt.

$C_r = 1$ elasztikus ütközés

$0 > C_r > 1$ inelasztikus ütközés

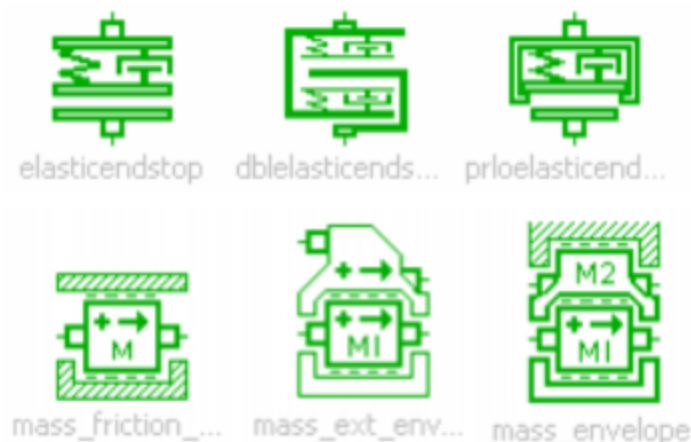
$C_r = 0$ plasztikus ütközés

Ha egy mozgó test ütközik egy álló, végtelen nagy tömegű testtel ("endstop"):

$$C_r = -\frac{v_f}{v_i}$$

Plasztikus ütközés: "ideal endstop".

Ütközés modellezése (elasztikus és inelasztikus)



Érintkezési ("contact") erő:

$$F_c = k \cdot x + r_{eff} \cdot v \quad \text{ha} \quad x \leq 0$$
$$F_c = 0 \quad \text{ha} \quad x > 0$$

"k": érintkezési merevség $\left[\frac{N}{m} \right]$

"x": relatív távolság ("gap" vagy "clearance") [m]

" r_{eff} ": effektív csillapítási tényező $\left[\frac{N}{m/s} \right]$

"v": két test közötti relatív sebesség $\left[\frac{m}{s} \right]$

Ütközés modellezése

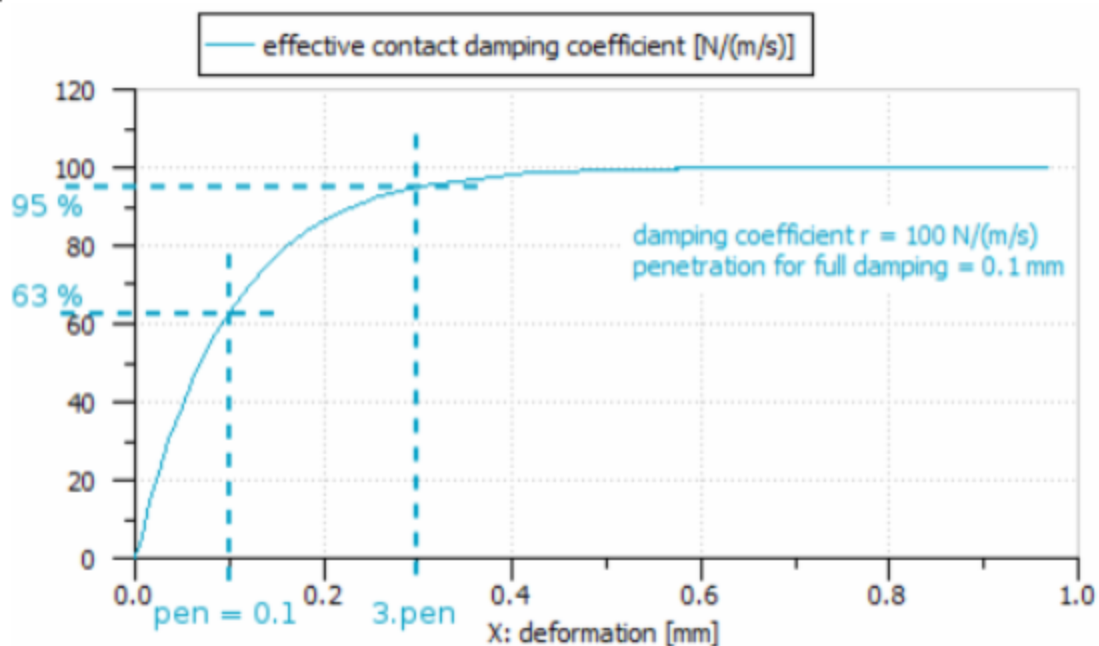
Az érintkezési erő csillapításból származó része $x=0$ -nál diszkontinuitást eredményezne.

Ennek elkerülésére a csillapítás fokozatosan épül fel.

Effektív csillapítási tényező:
$$r_{eff} = r \cdot \left(1 - e^{-\frac{x}{pen}}\right)$$

" pen ": teljes csillapításhoz szükséges összenyomódás ("penetration for full damping") [m]

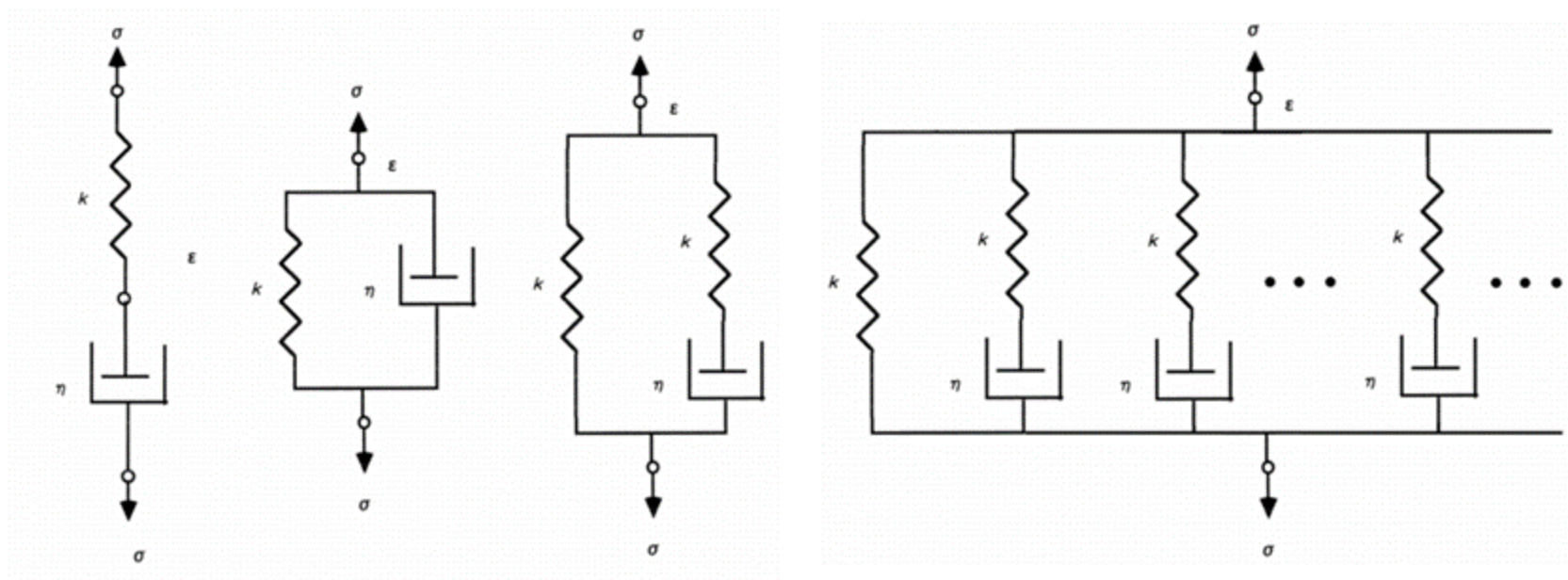
" r ": érintkezési csillapítás $\left[\frac{N}{m/s}\right]$



Viszkoelasztikus modellek

Viszkoelasztikus: viszkózus+elasztikus viselkedés kombinációja. A deformáció ebben az esetben nem csupán az aktuális, hanem a megelőző állapotoktól is függ.

Iparban gyakran alkalmazzák jó rezgés- és hangcsillapító tulajdonságaik miatt.



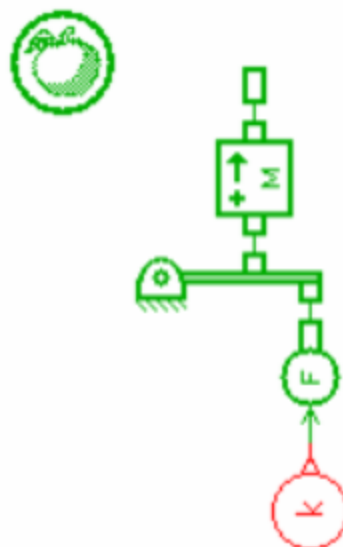
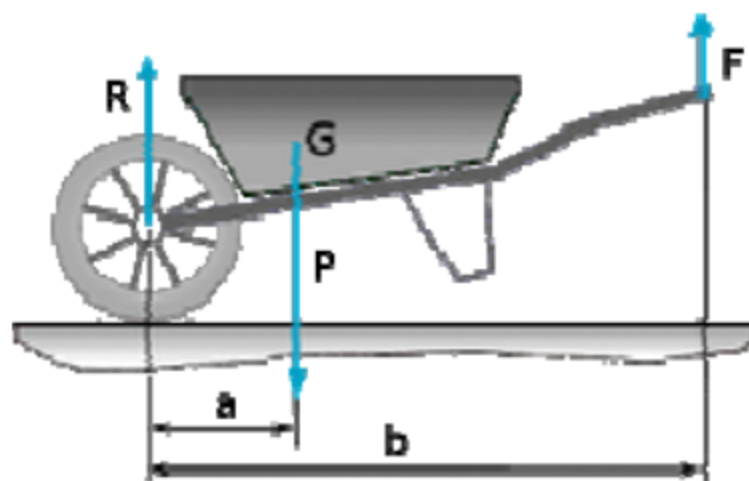
Maxwell

Kelvin-Voigt

standard linear solid

általános Maxwell-Wiechert

Erőátalakítás: karok



Teljesítmény, energia

$$P(t) = F \cdot v$$

$$E(t) = \int_0^{t_0} P(t) dt$$

Teljesítménytípusok:

Disszipált teljesítmény ("R")

Mozgásból származó tehetetlenségi ("I")

Elaszticitásból származó kapacitív ("C")