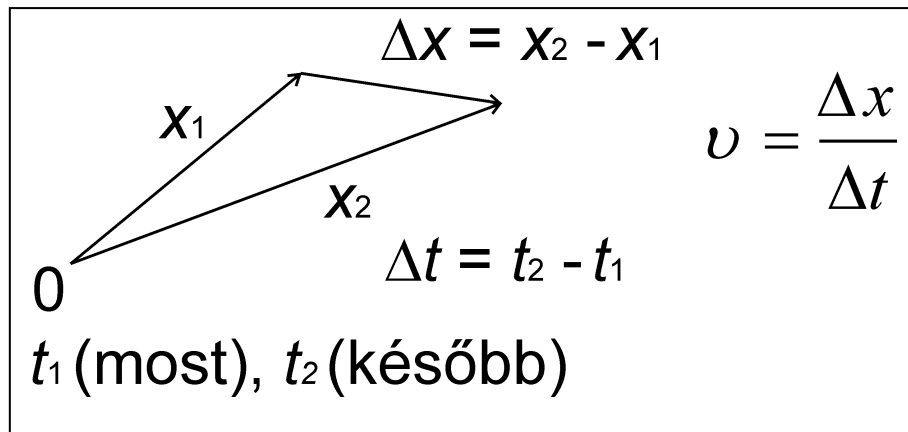


Mozgás, alakváltozás és ennek háttere

Arisztotelész: a mozgáshoz kell valamilyen hatás.

Newton: a mozgás természetes állapot. Modell, közelítés.

Sebesség: (vektor, átlagsebesség, sebesség „nagysága”)



Δx elmozdulás

Δt az eközben eltelt idő

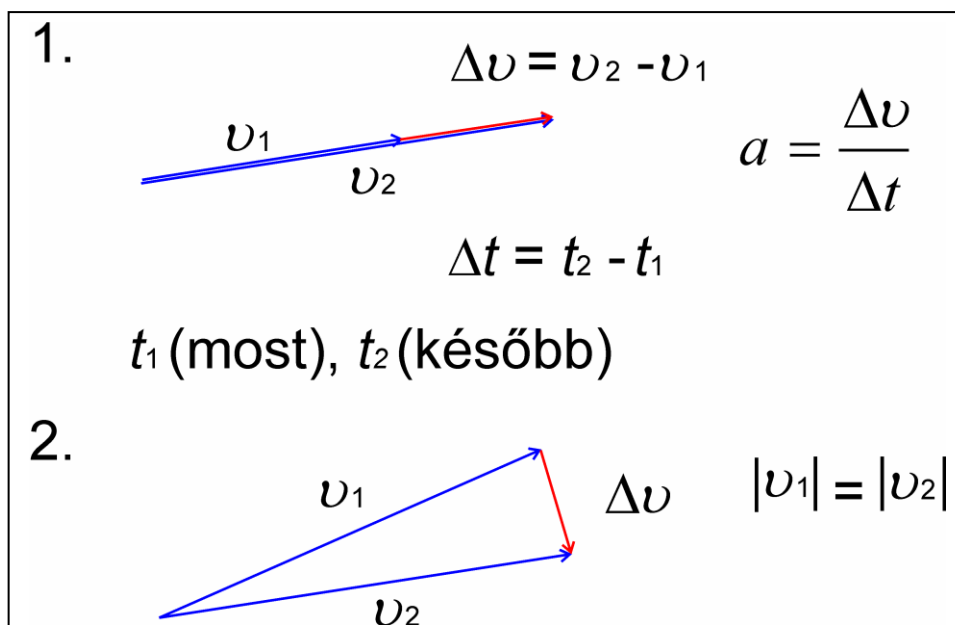
v sebesség

(a különbség vektor a kisebbítendőbe mutat)

Út-idő és sebesség-idő grafikon a Budapest-Vác menetrend alapján
És a „valóságban”

Mit olvashatunk ki a grafikonokból? (mértékegységek)

Sebesség változás



Gyorsulás

(mozgásba hozás)

Ehhez kell a hatás
Erő (kölcsonhatás)

$F = ma$

Arányossági tényező:
tömeg, a tehetetlenség
mértéke

(mértékegységek)

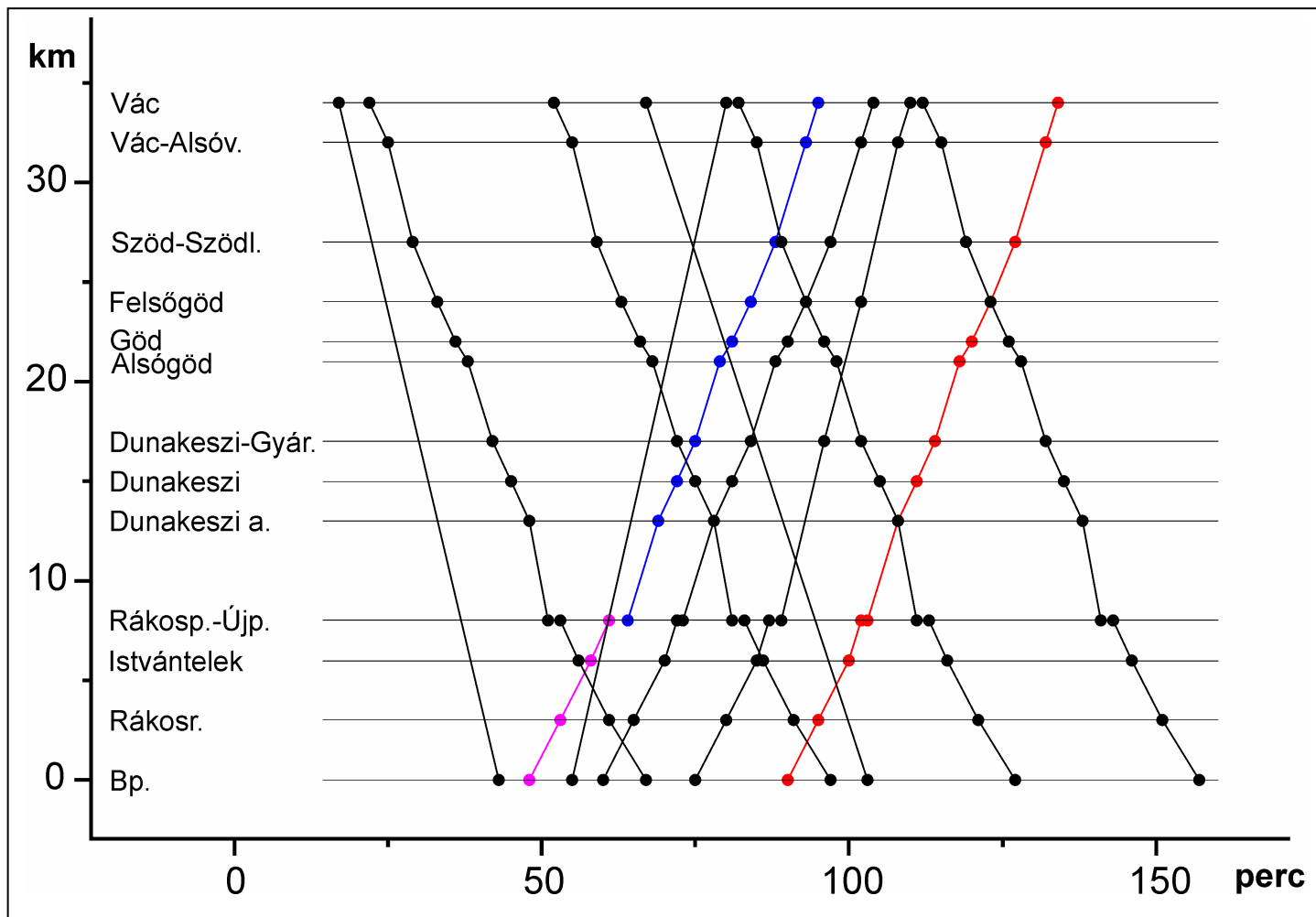
(Természetesen a gyorsulás is változhat)

70 Budapest – Szob – (Štúrovo)

Km	MÁV Rt.	2316 2.	2164 2.	2216 2.		2416 2.	2116 2.	2326 2.	2336 2.	2106 R	2226 2.		2436 2.	2126 2.	2346 2.	2356 2.	2136 2.
		db	db	db		db	db	db	db	db	db		db	db	db	db	db
Kindulási állomás																	
0	Budapest-Nyugati pu. 100...	15 00	15 15	15 30	...	15 48	15 55	...	16 00	16 15	16 30	...	16 48	16 55	...	17 00	17 15
3	Rákosrendező	15 05	15 20	15 35	...	15 53	...	...	16 05	16 20	16 35	...	16 53	...	...	17 05	17 20
6	Istvántelek	15 10	15 25	15 40	...	15 58	...	...	16 10	16 25	16 40	...	16 58	...	...	17 10	17 25
8	Rákospalota-Újpest	15 12	15 27	15 42	...	16 01	...	...	16 12	16 27	16 42	...	17 01	...	...	17 12	17 27
	Rákospalota-Újpest	15 13	15 29	15 43	...	...	...	16 04	16 13	16 29	16 43	...	...	...	17 04	17 13	17 29
13	Dunakeszi alsó	15 18	...	15 48	...	...	...	16 09	16 18	...	16 48	...	...	...	17 09	17 18	...
15	Dunakeszi	15 21	...	15 51	...	...	...	16 12	16 21	...	16 51	...	...	...	17 13	17 21	...
17	Dunakeszi-Gyártelep	15 24	15 36	15 54	...	...	...	16 15	16 24	16 36	16 54	...	...	...	17 16	17 24	17 36
21	Alsógöd	15 28	...	15 58	...	...	...	16 19	16 28	...	16 58	...	...	...	17 20	17 28	...
22	Göd	15 30	...	16 00	...	...	...	16 21	16 30	...	17 00	...	...	...	17 22	17 30	...
24	Felsőgöd	15 33	15 42	16 03	...	...	...	16 24	16 33	16 42	17 03	...	...	...	17 25	17 33	17 42
27	Szöd-Szödliget	15 37	...	16 07	...	...	...	16 28	16 37	...	17 07	...	...	...	17 29	17 37	...
32	Vác-Alsóváros	15 42	15 48	16 12	...	...	...	16 33	16 42	16 48	17 12	...	...	...	17 34	17 42	17 48
34	Vác	15 44	15 50	16 14	...	...	...	16 35	16 44	16 50	17 14	...	...	17 20	17 36	17 44	17 50
	Vác	...	...	...	...	...	16 25	...	...	...	...	...	...	...	...	...	17 55
29	Dózs Jenő	...	...	...	...	...	17 15	...	...	...	...	...	...	...	...	...	18 45
48	Dregelypalánk	...	...	...	...	...	17 59	...	...	...	...	...	...	...	...	...	19 29
70	Balassagyarmat	...	...	...	...	...	18 30	...	...	...	...	...	...	...	...	...	20 00
	Vác	...	15 52	...	...	...	16 22	...	...	16 52	...	...	...	17 22	...	...	17 52
43	Verőce	...	15 59	...	...	...	16 29	...	...	16 59	...	...	...	17 29	...	...	17 59
46	Kisröcske	...	16 02	...	...	...	16 32	...	...	17 02	...	...	...	17 32	...	...	18 02
51	Nagymaros-Visegrád	...	16 07	...	...	...	16 37	...	...	17 07	...	...	...	17 37	...	...	18 07
52	Nagymaros	...	16 10	...	...	...	16 40	...	...	17 10	...	...	...	17 40	...	...	18 10
55	Dömös-áttelep	...	...	...	...	...	16 43	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
59	Zebegény	...	16 16	...	...	...	16 46	...	...	17 16	...	...	...	17 46	...	...	18 16
63	Szob alsó	...	16 20	...	...	...	16 50	...	...	17 20	...	...	...	17 50	...	...	18 20
64	Szob 318	...	16 22	...	...	...	16 52	...	...	17 22	...	...	...	17 52	...	...	18 22
	Szob	...	...	...	...	...	...	...	...	17 23	...	...	...	18 00	...	...	...
	Štúrovo (Párkány)	...	...	...	...	...	...	...	...	17 32	...	...	...	18 16	...	...	...
	Végállomás					Vác				Brno			Vác				

449

70



Newton: a **mozgás természetes állapot**.

A témakör egyik kulcsfontosságú fizikai mennyisége az **impulzus** (p), vagy **lendület**, vagy **mozgásmennyiség**.

Klasszikus esetben ez a test **tömegének** (m) és **sebességének** (v) szorzata.

$$p = mv$$

vektormennyiség

Newton törvényei (Dinamika)

II. Az **impulzus megváltoztatásához erő** (F) szükséges.

$$\Delta p = \Delta mv = F\Delta t$$

vagy

$$\frac{\Delta mv}{\Delta t} = m \frac{\Delta v}{\Delta t} = ma = F$$

Ha nincs erőhatás (ill. ha 0)

$\Delta mv = 0$, azaz **$p = mv = \text{állandó}$** .

I. Az **impulzus megmaradó mennyiség** (impulzus megmaradás)
a **tehetetlenség törvénye**

III. $F = -F_{\text{ellen}}$ kölcsönhatás

Az erő és ellenerő mindig különböző testre hat.

hatás, ellenhatás törvénye

Alkalmazások pl.:

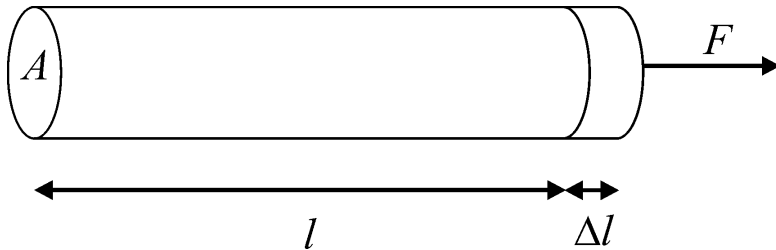
a szétsugárzás vagy annihiláció magyarázatakor
(**PET**).

De

az **erő alakváltozást** (deformációt) is eredményezhet.

A legegyszerűbb alakváltozás a **megnyúlás**.

relatív megnyúlás: $\Delta l/l$.

Hooke-törvény

$$F = AE \frac{\Delta l}{l}$$

$$\frac{F}{A} = E \frac{\Delta l}{l}$$

F/A a **mechanikai feszültség** (húzófeszültség), de

lehet nyomófeszültség vagy **nyomás** ($p[\text{Pa}]$)

Az együttható: rugalmassági, vagy Young modulus ($E[\text{Pa}]$)

Pl.

Kollagén rost 0,3–2,5 GPa, **csont** 10–20 GPa

Hasonló a rugó esetéhez: $F_{\text{kitérítő}} = Dx$ (ha $x \equiv \Delta l$, és $D \equiv AE/l$)

Általánosabban (összenyomás):

$$\Delta p = -K \frac{\Delta V}{V}$$

K a **kompressziómodulus**,

$1/K = \kappa$ a **kompresszibilitási együttható** (pl. $\kappa_{\text{acél}} = 0,006 \text{ GPa}^{-1}$)

Newton törvényei forgó mozgás esetében

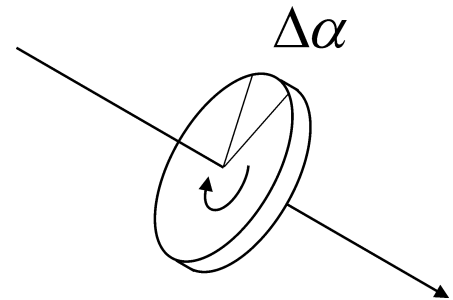
az impulzus, vagy lendület ($m\upsilon$) mintájára bevezethető az **impulzusmomentum**, vagy **perdület** ($\Theta\omega$) ahol

Θ a **tehetetlenségi nyomaték**, a forgó test tehetetlenségének mértéke,

ω a **szögsebesség**,

$$\omega = \frac{\Delta\alpha}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

periódusidő (T), **frekvencia** (f)
(ω **körfrekvencia**)



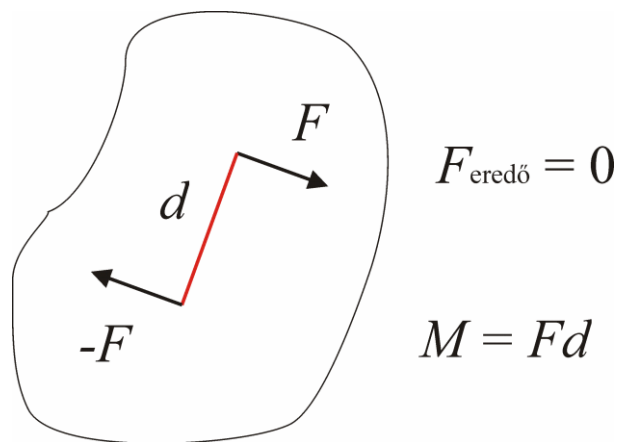
I. $\Theta\omega = \text{állandó}$ (perdület megmaradás; lásd: **forgó jégtáncos**)

II. Megváltoztatásához **forgatónyomaték** (M) szükséges

$$\frac{\Delta\Theta\omega}{\Delta t} = M$$

Egyensúly csak akkor, ha

$F_{\text{eredő}} = 0$ **és** $M_{\text{eredő}} = 0$
egyszerre teljesül.



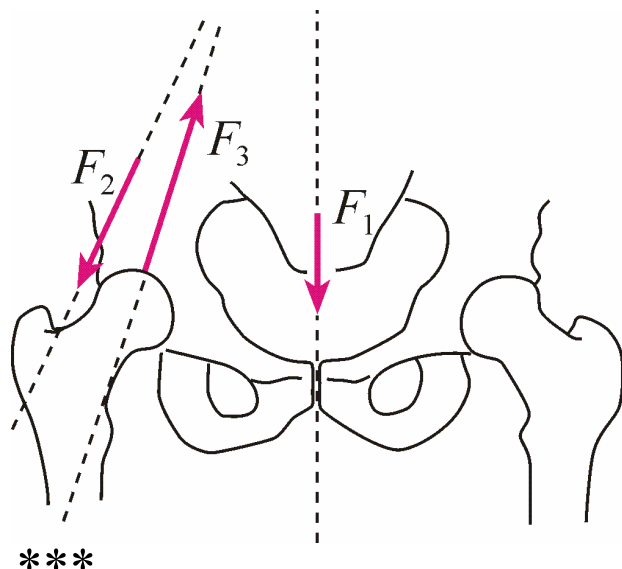
Ekkor: $m\upsilon = \text{állandó}$

és $\Theta\omega = \text{állandó}$

Illetve

Sztatika (statika)

Lásd pl: orthopaedia



Egyenletes körmozgás

Csak a **sebességvektor** (ill. az impulzusvektor) **iránya változik**.
A test **gyorsul** (a_{cp} [m/s²]), de nem nő a sebessége.

$$a_{cp} = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$$

Dinamikai feltétele: $\mathbf{v} \perp \mathbf{F} = m\mathbf{a}_{cp}$

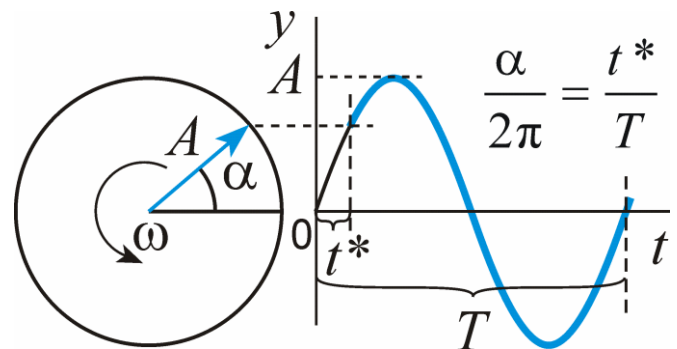
Harmonikus rezgőmozgás

Az egyenletes körmozgás vetülete
($\alpha = \omega t = 2\pi t/T = 2\pi f t$)

$$y = A \sin \omega t$$

Dinamikai feltétele: $\mathbf{F} = -D\mathbf{x} = m\mathbf{a}$

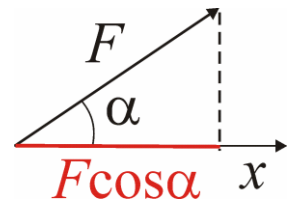
$$\omega = \sqrt{\frac{D}{m}}$$



Munka

A **munka** (W) az **elmozdulás** (Δx) és az erő (F) elmozdulás irányába eső vetületének szorzata

$$W = \Delta x F \cos \alpha \quad [\text{Nm}] \text{ vagy } [\text{J}]$$



Tartós erő kifejtés elmozdulás nélkül ($\Delta x = 0$);
vagy $\alpha = \pi/2$ (azaz $\cos \alpha = 0$), akkor $W = 0$ (a mechanikában)

Munkatétel

Ha az erő állandó (és $\alpha = 0$).

$$F = ma = m \frac{\Delta v}{\Delta t} = m \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

Az elmozdulás $\Delta x = v \Delta t$ lenne,
de v is változik

$$\Delta x = \frac{(v_1 + v_2)(t_2 - t_1)}{2}$$

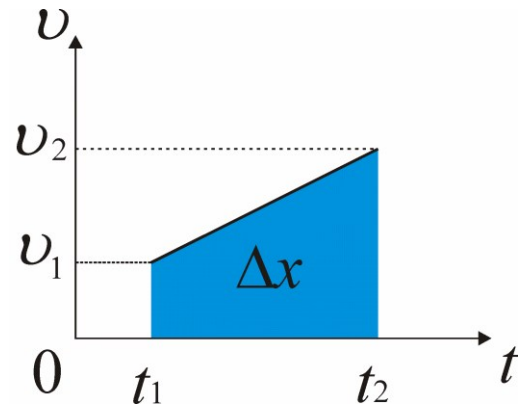
$$W = F \Delta x = m \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} \frac{(v_1 + v_2)(t_2 - t_1)}{2} = m \frac{(v_2 - v_1)(v_1 + v_2)}{2}$$

$$W = m \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2} = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 = E_{\text{kin}2} - E_{\text{kin}1} = \Delta E_{\text{kin}}$$

mozgási vagy kinetikus **energia** (E_{kin})

A munkavégzés eredménye nagyobb E_{kin} .

Alkalmazások pl.: a röntgenső vagy az elektronmikroszkóp megbeszélésekor.



Munkavégzés másik erő ellenében

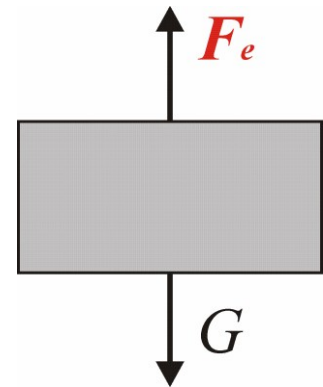
Pl. emelésnél, a **nehézségi erő** (G) ellenében
(g a nehézségi gyorsulás)

A munkavégzés eredménye „eltárolható”.

helyzeti, vagy potenciális **energia** (E_{pot})

Nehézségi erőterben: $\Delta E_{\text{pot}} = mg\Delta h$;

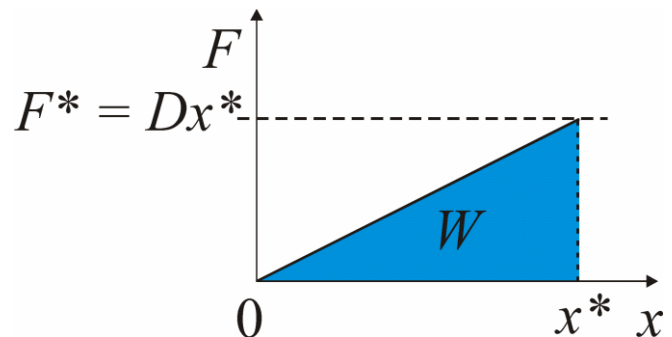
$$F_e = G = mg$$



A rugó potenciális energiája

$$\Delta E_{\text{pot}} = W$$

$$W = \frac{Dx^* x^*}{2} = \frac{1}{2} D(x^*)^2$$



Pl. rugalmas erek

(mechanikai energia megmaradás)

A munkavégzés „sebessége”
a **teljesítmény** (P):

$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{\Delta E}{\Delta t} \quad [W] = [J/s]$$

Tapadás és súrlódás

Nincs energia megmaradás?

(Lásd [termodinamika](#))

