

## Egyenletes körmozgás

Csak a **sebességvektor** (ill. az impulzusvektor) **iránya változik**.  
A test **gyorsul** ( $a_{cp}$  [m/s<sup>2</sup>]), de nem nő a sebessége.

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

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

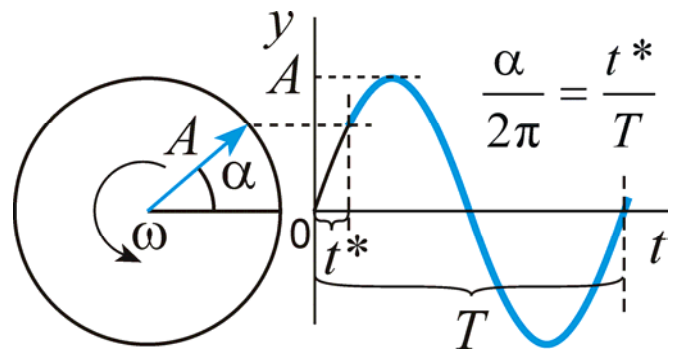
## Harmonikus rezgőmozgás

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

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

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

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

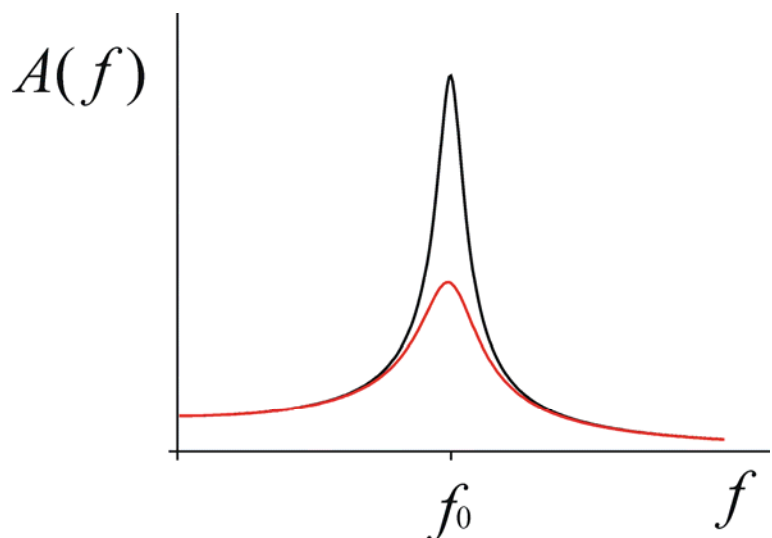


## Kényszerrezgés, rezonancia

( $\omega = 2\pi f$ )

$$A(f) \sim \frac{1}{(f - f_0)^2 + K}$$

$K$  a csillapítás mértékét fejezi ki



**Alkalmazások pl.:** a különböző spektrumok

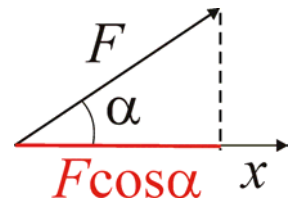
(ESR, NMR) értelmezésekor, az AFM, az **MRI** működésének magyarázatakor (lásd a 2. szemeszterben).

\*\*\*

## Munka

A **munka** ( $W$ ) az **elmozdulás** ( $\Delta x$ ) 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)

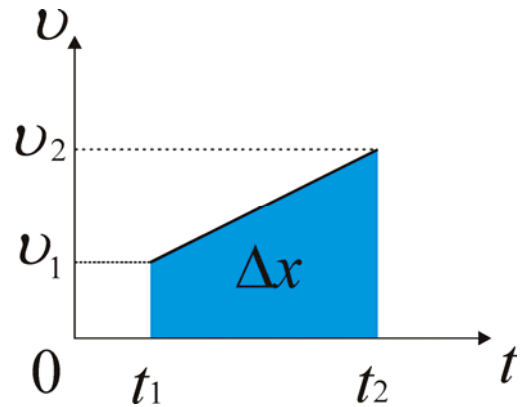
## Munkatétel

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** ( $E_{\text{kin}}$ )

A munkavégzés eredménye nagyobb  $E_{\text{kin}}$ .

**Alkalmazások pl.:** a röntgenső vagy az elektronmikroszkóp megbeszélésekor (lásd a 2. szemeszterben).

\*\*\*

## Munkavégzés másik erő ellenében

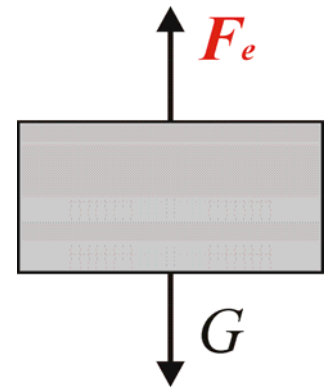
Pl. emelésnél, a **nehézségi erő** ( $G$ ) ellenében  
( $g$  a nehézségi gyorsulás)

A munkavégzés eredménye „eltárolható”.

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

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

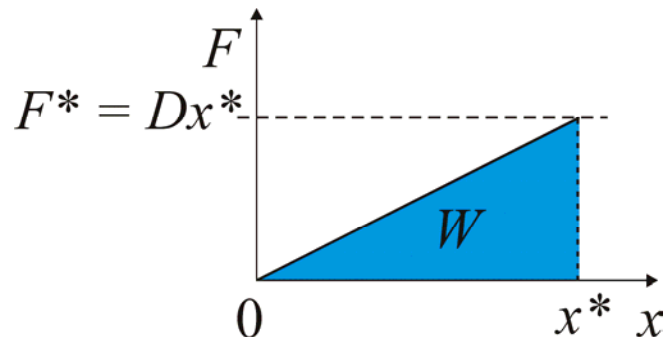
$$F_e = G = mg$$



## 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)

\*\*\*

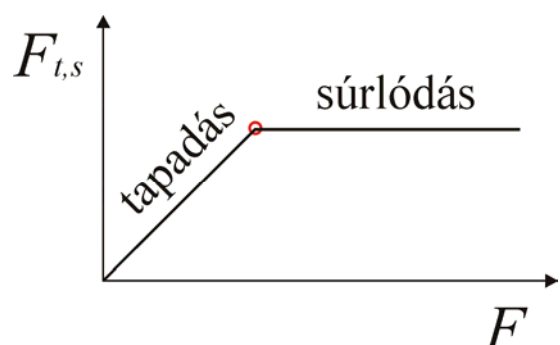
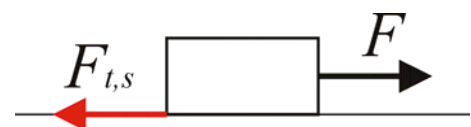
A munkavégzés „sebessége”  
a **teljesítmény** ( $P$ ):

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

## Tapadás és súrlódás

Nincs energia megmaradás?

(lásd **termodinamika**)



\*\*\*

Mi a helyzet  **folyadékok** ill. gázok esetében?

**Nyugvó folyadékok** (és gázok) → **hidrosztatika**

### Pascal törvénye

Folyadékokban a nyomás gyengítetlenül tovaterjed, mert „összenyomhatatlanok” (inkompresszibilisek) ( $\kappa_{\text{víz}} = 0,5 \text{ GPa}^{-1}$ ) (fékek működése, hidraulika)

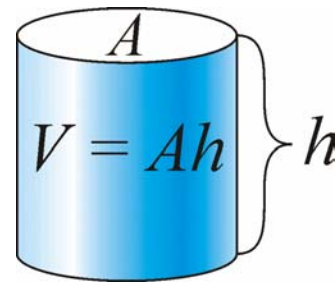
**Hidrosztatikai nyomás** (a folyadék súlyától származik)

Nyugalomban, földi körülmények között (a legegyszerűbb esetben):

$$mg = V\rho g = Ah\rho g = F_{\text{súly}}$$

( $\rho$  a közeg sűrűsége)

$$p = F_{\text{súly}}/A = \rho gh$$



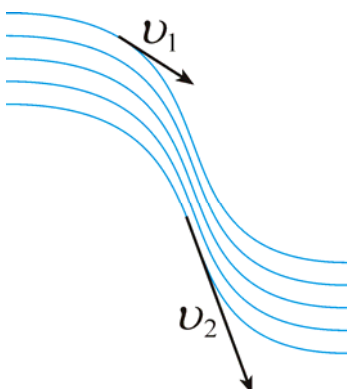
Ennek következménye a felhajtó erő ( $F_f$ ):

**Archimédész törvénye** (minden vízbe mártott test...)

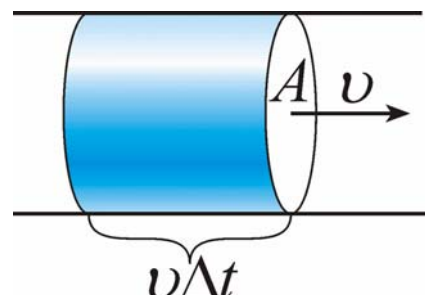
$$F_f = \rho_{\text{közeg}} g V$$

**Áramló folyadékok** (és gázok) → **hidrodinamika**  
(**áramvonalak**; időben állandó: **stacionárius áramlás**)

**Áramlási sebesség és térfogati áramerősség:**



$$I_V = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{A v \Delta t}{\Delta t} = A v$$



**Kontinuitási törvény**  $\rightarrow I_V = \text{állandó (anyag megmaradás)}$   
 Pl. erek

érszakasz	átmérő (cm)	ágak száma	$A_{\text{ö}}$ (cm <sup>2</sup> )	$v$ (cm/s)
aorta	2,4	1	4,5	23
artériák	0,4	160	20	5
arteriolák	0,003	$5,7 \cdot 10^7$	400	0,25
kapillárisok	0,0007	$1,2 \cdot 10^{10}$	4500	0,022
venulák	0,002	$1,3 \cdot 10^9$	4000	0,025
vénák	0,5	200	40	2,5
venae cavae	3,4	2	18	6