Dinamika

Mozgás, alakváltozás és ennek háttere

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 (υ) szorzata.

$$p = m\upsilon$$

vektormennyiség

Newton törvényei

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

$$\Delta p = \Delta m\upsilon = F\Delta t$$

vagy

$$\frac{\Delta m\upsilon}{\Delta t} = m\frac{\Delta \upsilon}{\Delta t} = ma = F$$

Ha nincs erőhatás (ill. ha 0)

$\Delta m\upsilon = 0$, azaz $p = m\upsilon =$ állandó.

I. Az impulzus megmaradó mennyiség (impulzus megmaradás)

a tehetetlenség törvénye

III. $F = -F_{ellen}$ kölcsönhatás

Az erő és ellenerő mindig különböző testre hat.

hatás, ellenhatás törvénye

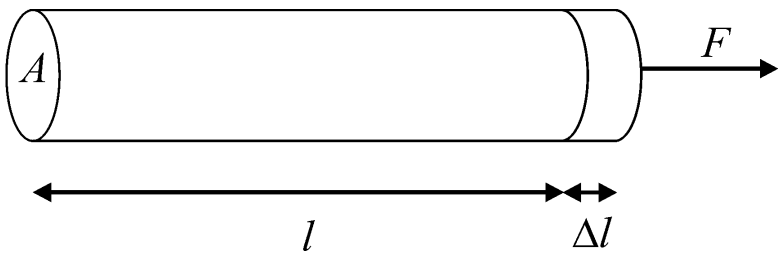
Alkalmazások pl.:

a szétsugárzás vagy annihiláció magyarázatakor (lásd a 2. szemeszterben 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[Pa])

Az együttható: rugalmassági, vagy Young modulus (E[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. $\kappa_{\text{acél}} = 0{,}006\ \text{GPa}^{-1}$)

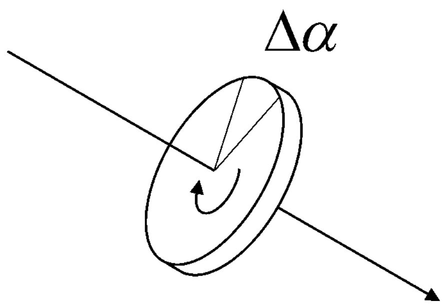
***

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,



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

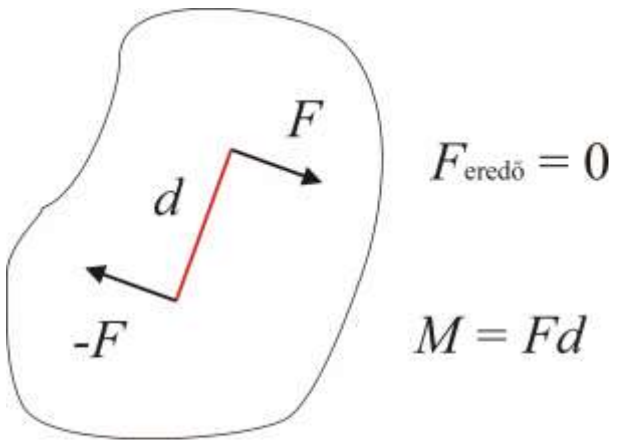
periódusidő (T), frekvencia (f)

(ω körfrekvencia)

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

II. Megváltoztatásához forgatónyomaték (M) szükséges

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



Egyensúly csak akkor, ha

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

Ekkor: $m\upsilon =$ állandó és $\Theta\omega =$ állandó

Illetve Sztatika (statika)

***

Egyenletes körmozgás

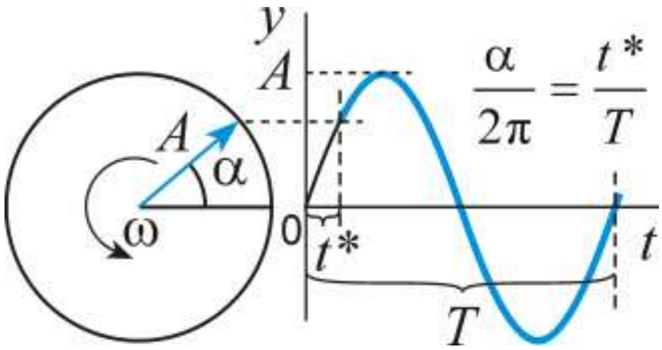
Csak a sebességvektor (ill. az impulzusvektor) iránya változik.
A test gyorsul (a_{cp} [m/s^2]), de nem nő a sebessége.

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

Dinamikai feltétele: $\upsilon \perp F = ma_{cp}$

Harmonikus rezgőmozgás

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



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

Dinamikai feltétele: $F = -Dx = ma$

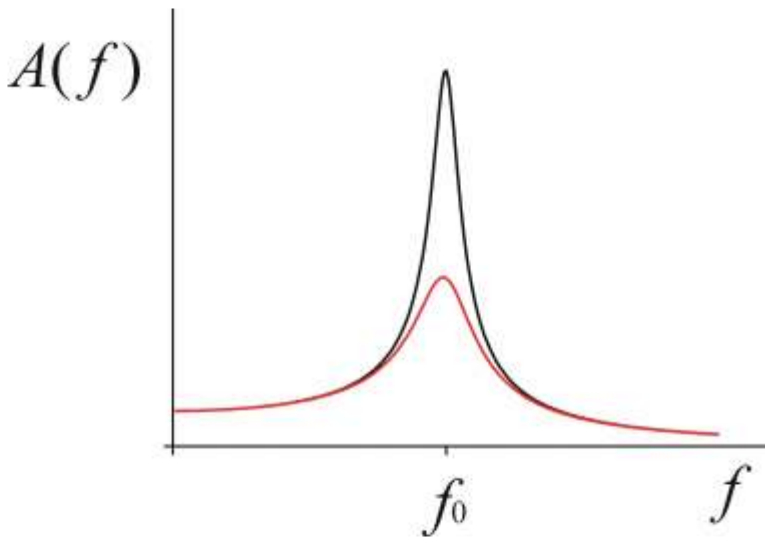
$$\omega = \sqrt{\frac{D}{m}}$$

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).

***

Hullám

A rezgési állapot tovaterjedése.
(Hullámzó tenger vagy unatkozó nézők a stadionban.)

$y = A \sin \omega t$ $\quad$ $y = A \sin (\omega t + \varphi)$ $\quad$ $y = A \sin (\omega t + kx)$

A fázis (szög, φ) nemcsak az időtől (t), de a helytől (x) is függ
Két fontos paraméter: hullámhossz (λ), periódusidő (T)

$$\varphi(x) = \frac{2\pi}{\lambda} x = kx \qquad \varphi(t^*) = \frac{2\pi}{T} t^* = \omega t^*$$

Hányadosuk

$$c = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$$

a hullám terjedési sebessége (fázissebesség).

A hullámokkal kapcsolatos legfontosabb jelenség az **interferencia**.
(A fizikai optika részben részletesebben beszélünk róla).

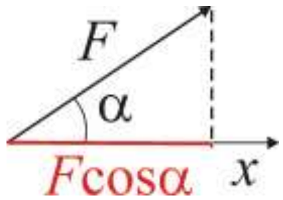
Alkalmazások pl.: a különböző sugárzások
UH, EMS megbeszélésekor (lásd a 2. szemeszterben).

***

Munka

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

$W = \Delta x\, F\cos\alpha$ [Nm] vagy [J]

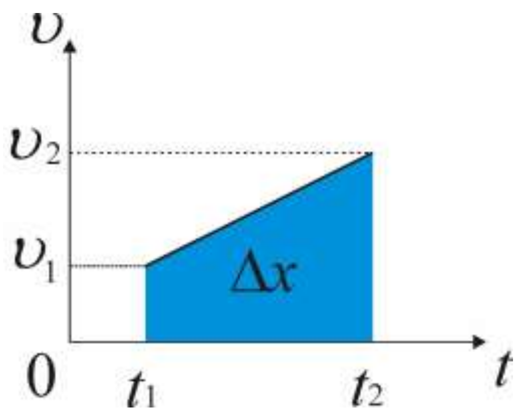


Tartós erőkifejtés elmozdulás nélkül ($\Delta x = 0$);
vagy $\alpha = \pi/2$ (azaz $\cos\alpha = 0$), akkor $W = 0$ (a mechanikában)

Munkatétel

Ha az erő állandó (és $\alpha = 0$).

$$F = ma = m\frac{\Delta \upsilon}{\Delta t} = m\frac{\upsilon_2 - \upsilon_1}{t_2 - t_1}$$



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

$$\Delta x = \frac{(\upsilon_1 + \upsilon_2)(t_2 - t_1)}{2}$$

$$W = F\Delta x = m\frac{\upsilon_2 - \upsilon_1}{t_2 - t_1}\frac{(\upsilon_1 + \upsilon_2)(t_2 - t_1)}{2} = m\frac{(\upsilon_2 - \upsilon_1)(\upsilon_1 + \upsilon_2)}{2}$$

$$W = m\frac{(\upsilon_2{}^2 - \upsilon_1{}^2)}{2} = \frac{1}{2}m\upsilon_2{}^2 - \frac{1}{2}m\upsilon_1{}^2 = E_{\mathrm{kin2}} - E_{\mathrm{kin1}} = \Delta E_{\mathrm{kin}}$$

mozgási vagy kinetikus energia (E_{kin})
A munkavégzés eredménye nagyobb E_{kin}.

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

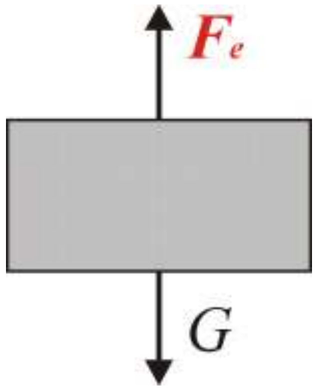
***

Munkavégzés másik erő ellenében

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

$F_e = G = mg$

A munkavégzés eredménye „eltárolható”.



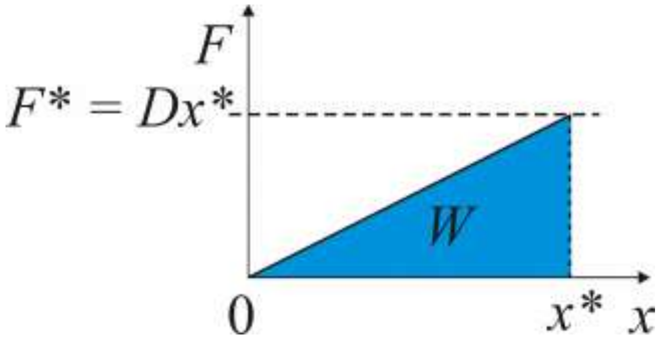
helyzeti, vagy potenciális energia (E_{pot})

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

A rugó potenciális energiája

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

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



Pl. rugalmas erek

(mechanikai energia megmaradás)

***

A munkavégzés „sebessége”

a teljesítmény (P):

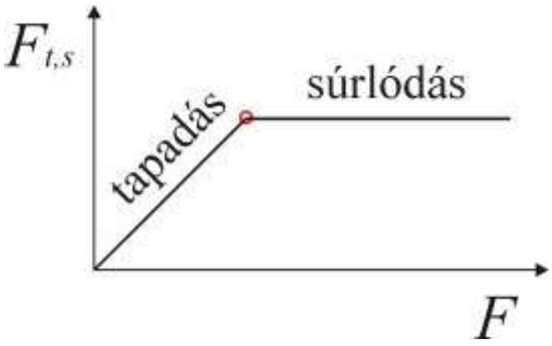
$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

[W] = [J/s]

Tapadás és súrlódás

Nincs energia megmaradás?

(lásd termodinamika)



***

Mi a helyzet folyadékok ill. gázok esetében?

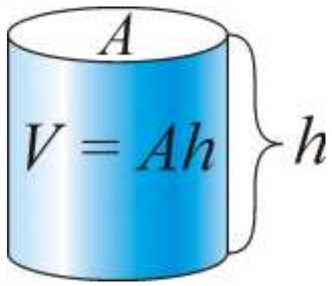
Nyugvó folyadékok (és gázok) → **hidrosztatika**

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

Hidrosztatikai nyomás (a folyadék súlyától származik)
Nyugalomban, földi körülmények között (a legegyszerűbb esetben):

$mg = V\rho g = Ah\rho g = F_{súly}$
(ρ a közeg sűrűsége)

$p = F_{súly}/A = \rho gh$



Ennek következménye a felhajtó erő (F_f):
Archimédész törvénye (minden vízbe mártott test…)

$$F_f = \rho_{közeg} g V$$

Termodinamika
(hőtan)

Előzmények: a mechanikai energia megmaradás (munkatétel)

$$mgh = \frac{1}{2} m\upsilon^2$$

$$W = \frac{1}{2} m\upsilon_2^{\ 2} - \frac{1}{2} m\upsilon_1^{\ 2} = \Delta E_{mozg.}$$

Hová lesz az energia rugalmatlan ütközés (vagy súrlódás) esetén?

„Felmelegíti a testet" (emelkedik a hőmérséklete)

„Hővé alakul"

$$W = \Delta E_{\text{belső}}$$

A témakör kulcsfontosságú fizikai mennyisége a

belső energia ($E_{\text{belső}}$)

az atomi részecskék rendszertelen hőmozgásával és

az egymás közötti kölcsönhatásaikkal kapcsolatos.

Termikus kölcsönhatás

Új makroszkopikusan kölcsönhatás (a mechanikai mellett),
ami hőközlés formájában valósul meg

$$Q = \Delta E_{\text{belső}}$$

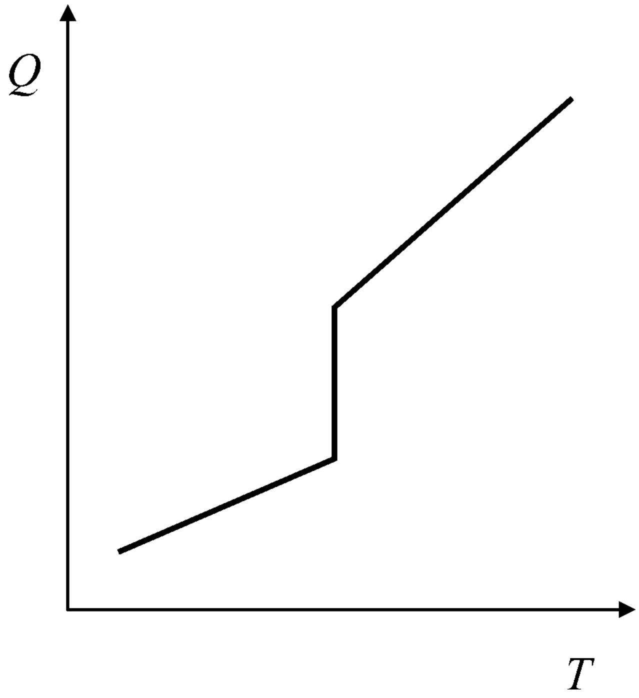
Két újabb mennyiség: hő (Q) és hőmérséklet (T)

Hőközlés hatására mi történhet?

A test felmelegszik, azaz nő a hőmérséklete (de nem mindig),

kitágul, azaz nő a térfogata (de nem mindig)

Mennyire melegszik?



Hőkapacitás (egy testé):

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

Fajhő vagy fajlagos hőkapacitás (egy anyagé):

$$c = \frac{\Delta Q}{m \Delta T}$$

Mólhő vagy moláris hőkapacitás (egy anyagé):

$$C_\nu = \frac{\Delta Q}{\nu \Delta T}$$

Olvadáshő, forráshő $\quad Q = L\, m$

Hőtágulás (szabadon), kis változások

hőtágulási együtthatók

Szilárd anyagokra (lineáris): $$\alpha = \frac{\Delta l}{l \Delta T}$$

Folyadékokra (térfogati): $$\beta = \frac{\Delta V}{V \Delta T}$$

Gázok: összenyomhatók ($\kappa \approx 10^4\,\mathrm{GPa}^{-1}$)

$$pV = NkT, \qquad \text{vagy} \qquad pV = \nu RT$$

$$kN_\mathrm{A} = R$$

$$N/N_\mathrm{A} = \nu$$