

Liikemäärä

- *Liikemäärä* \bar{p} on kappaleen nopeuden \bar{v} ja massan m tulo:

$$\bar{p} = m\bar{v}$$

- Liikemäärä on vektorisuure.
- Sen suunta on sama kuin nopeuden suunta.
- Yksikötarkastelu:

$$[p] = [m] \cdot [v] = 1 \text{ kg} \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1 \frac{\text{kgm}}{\text{s}} = 1 \text{ Ns}$$

- Yksikkö on $1 \frac{\text{kgm}}{\text{s}}$ tai 1 Ns (newtonsekunti). Liikemäärän yksiköllä ei siis ole varsinaista omaa nimeä tai kirjaintunnusta.

Impulssi

- Vakiovoiman impulssi \bar{I} on kappaleeseen kohdistuvan voiman \bar{F} ja vaikutusajan Δt tulo:

$$\bar{I} = \bar{F} \Delta t$$

- Myös impulssi on vektorisuure
 - Kappaleeseen vaikuttavan impulssin suunta on sama kuin kappaleeseen kohdistuvan kokonaisvoiman suunta.
- Impulssin yksikkö:

$$[I] = [F] \cdot [\Delta t] = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ s} = 1 \text{ Ns}$$

- Impulssi saadaan (t, F) –koordinaatistossa fysikaalisena pinta-alana
- *Impulssiperiaate*:
 - Kokonaisvoiman impulssi aiheuttaa kappaleen liikemäärän muutoksen:

$$\bar{I} = \Delta\bar{p}$$

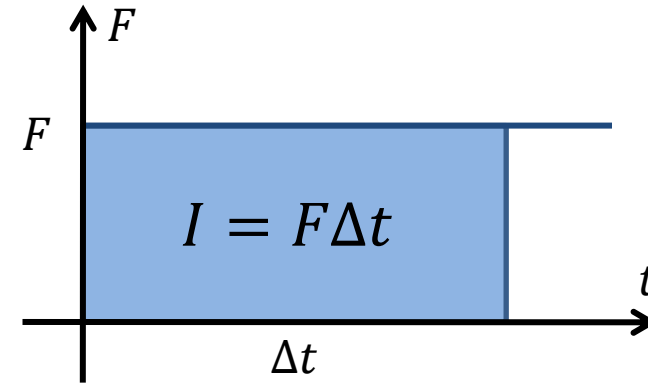
- Perustelu:

$$\bar{F} = m\bar{a} = m \frac{\Delta\bar{v}}{\Delta t} \text{ eli}$$

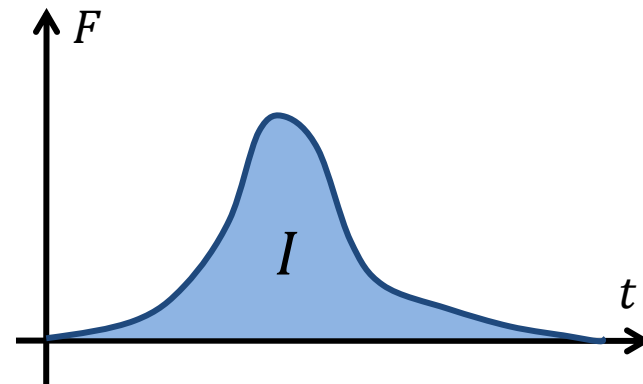
$$\bar{I} = \bar{F}\Delta t = m \frac{\Delta\bar{v}}{\Delta t} \Delta t = m\Delta\bar{v} = \Delta m\bar{v} = \Delta\bar{p}$$

(Kyseinen "todistus" pätee, jos kappaleen massa m ei muutu ja kokonaisvoima F on vakio. Impulssiperiaate on kuitenkin voimassa yleisemminkin.)

Vakiovoima:



Muuttuva voima:



Esimerkki: *Pallo, jonka massa on 65 g, lentää nopeudella 25 m/s. Sitä lyödään mailalla, minkä jälkeen pallon nopeus on 35 m/s vastakkaiseen suuntaan. Kuinka suuren keskimääräisen voiman maila kohdistaa palloon, jos kosketusaika on 4,0 ms?*

Impulssiperiaate:

Lyönnin voiman impulssi = pallon liikemäärän muutos

$$\bar{I} = \bar{F}_k \Delta t = \Delta \bar{p}$$

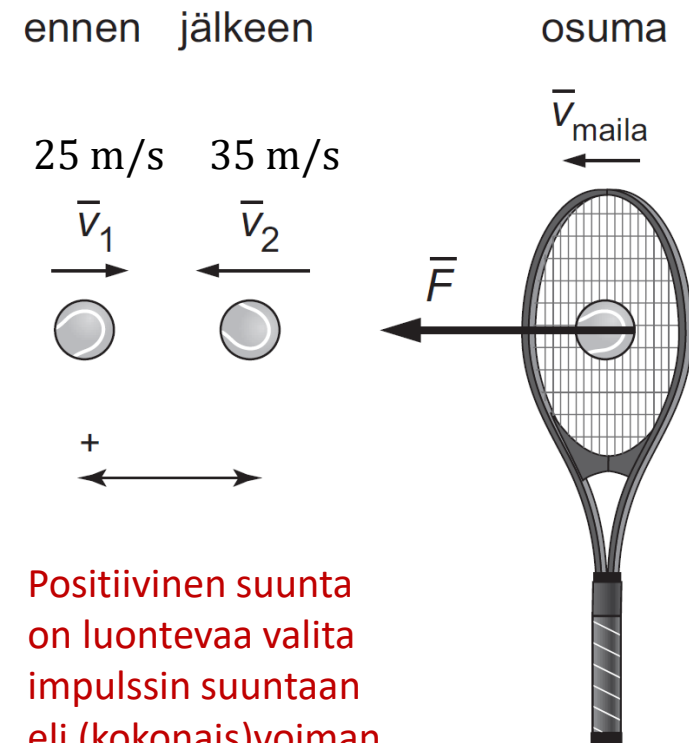
Liikemäärän muutos (vektorimuodossa):

$$\Delta \bar{p} = m \Delta \bar{v} = m(\bar{v}_2 - \bar{v}_1)$$

Valitaan voiman suunta positiiviseksi.

Skalaarimuoto:

$$\Delta p = m(v_2 - (-v_1)) = m(v_1 + v_2)$$



Positiivinen suunta on luontevaa valita impulssin suuntaan eli (kokonais)voiman suuntaan.

Keskimääräinen voima:

$$F_k = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{m(v_1 + v_2)}{\Delta t} = \frac{0,065 \text{ kg} \cdot (25 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 35 \frac{\text{m}}{\text{s}})}{0,004 \text{ s}} = 975 \text{ N} \approx 980 \text{ N}$$

TI-Nspire:

$$\frac{65 \cdot \text{gm} \cdot \left(\frac{25 \cdot \text{m}}{\text{s}} + \frac{35 \cdot \text{m}}{\text{s}} \right)}{4 \cdot \text{ms}} \quad 975 \cdot \text{N}$$

Vastaus: Keskimääräisen voiman suuruus on 980 N, suunta vastakkainen pallon tulosuunnalle.

Huom! Tehtävän voisi ratkaista myös Newtonin 2. lain ja kiihtyvyyden määritelmän avulla:

$$F_k = ma_k = m \frac{\Delta v}{\Delta t} = 65 \text{ g} \frac{35 \frac{\text{m}}{\text{s}} - (-25 \frac{\text{m}}{\text{s}})}{4 \text{ ms}} = 975 \text{ N}$$