

Liike

---

# Tasainen liike

---

- Kappale kulkee saman mittaisilla aikaväleillä yhtä pitkät matkat.

$$v = \frac{s}{t}$$

$v$  = keskinopeus

$s$  = matka

$t$  = aika

- Nopeus on vektorisuure eli sillä on suuruuden lisäksi suunta.
- Yksikkö SI – järjestelmässä m/s.

# Tasainen nopeus

---

**Esim.** Ukonilmalla salaman välähdyksen ja jyrähdyksen välinen aika oli 3s. Kuinka kaukana ukonilma oli havaintopaikasta? Äänen nopeus ilmassa on 340 m/s.

**Ratk.**  $v = \frac{s}{t}$  , ratkaistaan tästä matka:  $s = t \cdot v$ .

Sijoitetaan  $t = 3\text{s}$ ,  $v = 340 \text{ m/s}$ :

$$s = 3\text{s} \cdot 340 \text{ m/s} = 1020 \text{ m} \approx 1,0 \text{ km}$$

**Vastaus:** 1,0 km

# Yksikkömuunnokset

---

- Kuinka muutetaan km/h  $\rightarrow$  m/s ja päinvastoin?
  - km/h  $\rightarrow$  m/s jaetaan 3,6:lla
  - m/s  $\rightarrow$  km/h kerrotaan 3,6:lla
- Perustellaan näistä ensimmäinen:

$$\frac{1km}{1h} = \frac{1000m}{3600s} = \frac{1m}{3,6s} = \frac{1}{3,6} \cdot \frac{m}{s}$$

# Yksikkömuunnokset

---

- Perustelu muutokselle m/s → km/h:

$$\frac{1m}{1s} = \frac{0,001km}{(1:60):60h} = 3,6km/h$$

- Muunnettaessa isommasta yksiköstä pienempään → jaetaan
- Pienemmästä isompaan → kerrotaan

# Esimerkkejä

---

1. Ulkona tuulee nopeudella 8,0 m/s. Ilmoita tulos nopeuden yksikkönä m/s.

**Ratk.**  $8 \text{ m/s} \cdot 3,6 = 28,8 \text{ km/h} \approx 29 \text{ km/h}$

2. Antilooppi pystyy juoksemaan nopeudella 90 km/h. Ilmoita antiloopin nopeus m/s.

**Ratk.**  $90 \text{ km/h} : 3,6 = 25 \text{ m/s}$

# Muunna

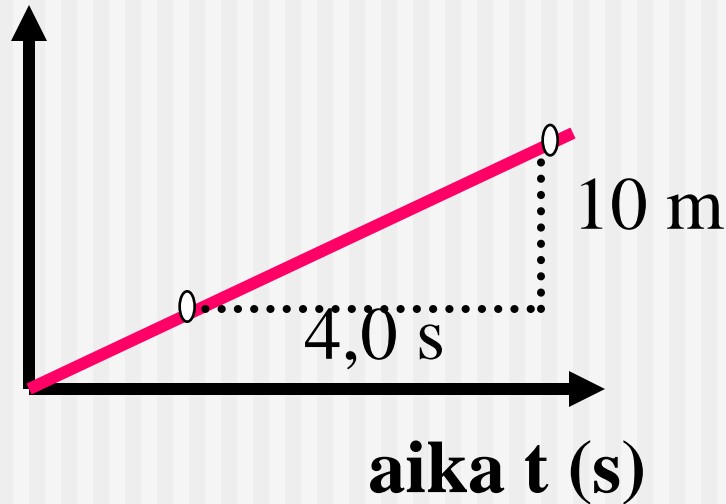
---

- $250 \text{ km/h} = 69,4 \text{ m/s}$
- $540 \text{ km/h} = 150 \text{ m/s}$
- $1500 \text{ m/s} = 5400 \text{ km/h}$
- $340 \text{ m/s} = 1224 \text{ km/h}$

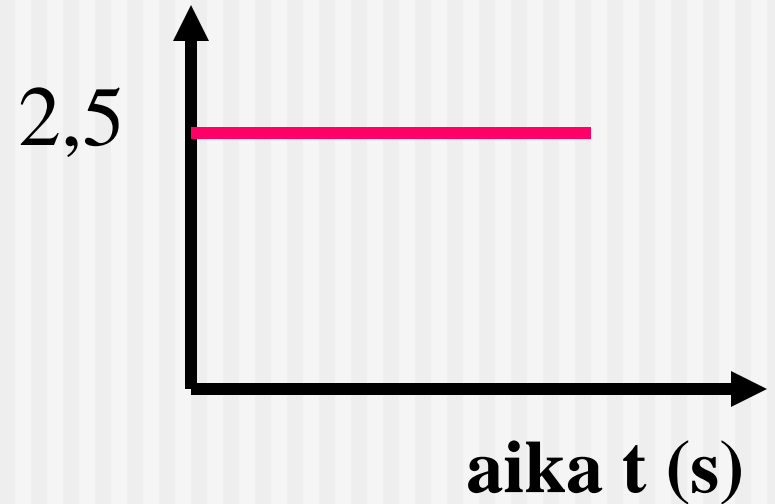
# TASAINEN LIIKE KOORDINAATISTOSSA

- Nopeus pysyy koko ajan samana

matka  $s$  (m)



nopeus  $v$  (m/s)



$$\text{nopeus} = \frac{\text{matka}}{\text{aika}} = \frac{10 \text{ m}}{4,0 \text{ s}} = 2,5 \text{ m/s}$$



# Keskinopeus

---

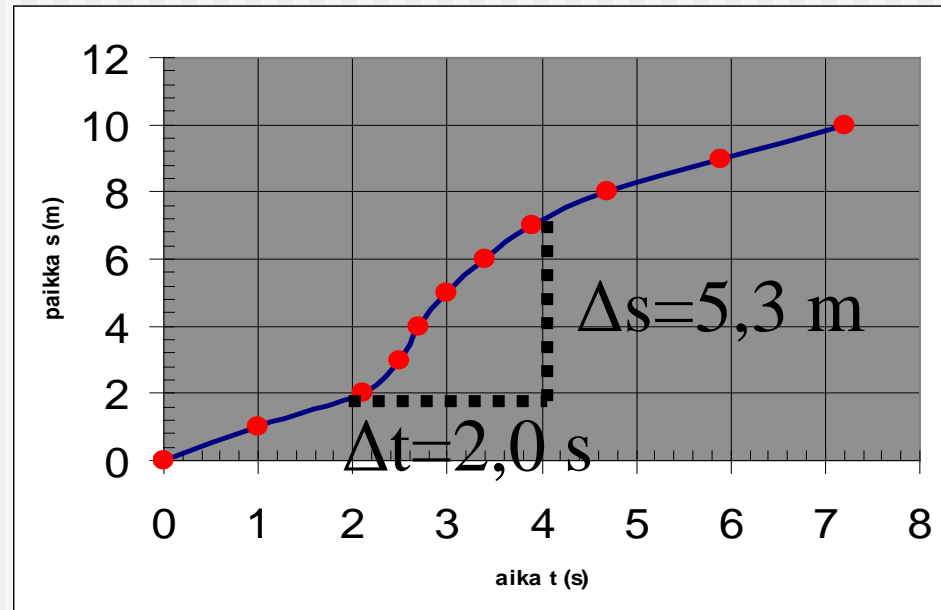
- Liike on harvemmin tasaista
- Nopeus vaihtelee
- Keskinopeus voidaan määrittää (t,s)-koordinaatistosta katsomalla tietyllä aika välillä kuljettu matka

$$v_k = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$\Delta$  = muutos

# Keskinopeus välillä 2,0s....4,0s

t/s	s/m
0,0	0,0
1,0	1,0
2,1	2,0
2,5	3,0
2,7	4,0
3,0	5,0
3,4	6,0
3,9	7,0
4,7	8,0
5,9	9,0
7,2	10,0



$$\text{Keskinopeus } v = \frac{\text{matka}}{\text{aika}} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{5,3 \text{ m}}{2,0 \text{ s}} \approx 2,7 \text{ m/s}$$

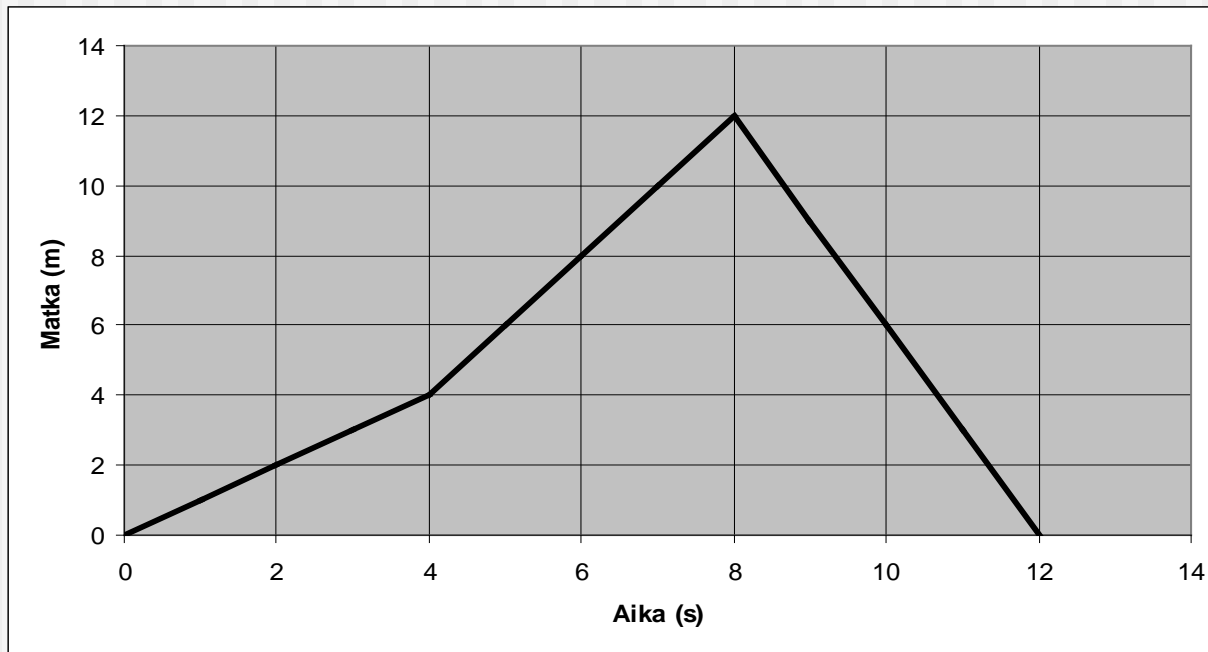
# Tehtävä 1

---

Esim. Leikkijuna liikkuu hitaasti pitkin suoraa rataosuutta. Kuvaaja esittää sen paikkaa ajan funktiona. Määritä keskinopeus

- a) koko matkaosuudella
- b) neljän ensimmäisen sekunnin aikana
- c) aikavälillä 4,0s...8,0s
- d) aikavälillä 8,0s...12,0s

# Kuvaaja



# Ratkaisu

$$\text{a) } v_k = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \left| \begin{array}{l} \Delta s = 0 \text{ m} \\ \Delta t = 12 \text{ s} \end{array} \right.$$

$$v_k = \frac{0 \text{ m}}{12 \text{ s}} = 0 \text{ m/s}$$

$$\text{b) } v_k = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \left| \begin{array}{l} \Delta s = 4 \text{ m} \\ \Delta t = 4 \text{ s} \end{array} \right.$$

$$v_k = \frac{4 \text{ m}}{4 \text{ s}} = 1 \text{ m/s}$$

$$\text{c) } v_k = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \left| \begin{array}{l} \Delta s = 8 \text{ m} \\ \Delta t = 4 \text{ s} \end{array} \right.$$

$$v_k = \frac{8 \text{ m}}{4 \text{ s}} = 2 \text{ m/s}$$

$$\text{d) } v_k = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \left| \begin{array}{l} \Delta s = -12 \text{ m} \\ \Delta t = 4 \text{ s} \end{array} \right.$$

$$v_k = \frac{-12 \text{ m}}{4 \text{ s}} = -3 \text{ m/s}$$

# Tehtävä 2

---

Helsingin ja Hämeenlinnan välimatka on 98km. Viikonlopun ruuhkajono etenee moottoritiellä keskinopeudella 105 km/h. Autoilija päättää ajaa suurinta sallittua nopeutta 120 km/h.

- a) Kuinka paljon muuta liikennettä aikaisemmin hän on perillä?
- b) Kuinka kaukana jono on tällöin määränpäästä?
- c) Millä nopeudella on ajettava, jotta perille ehdittäisiin 10 minuuttia ennen ruuhkajonoa? Onko nopeus tällöin laillinen?

# Ratkaisu

$$a) v = \frac{s}{t} \Leftrightarrow t = \frac{s}{v}$$

$$t_1 = \frac{s}{v_1} \quad \left| \begin{array}{l} s = 98 \text{ km} \\ v_1 = 105 \text{ km/h} \end{array} \right.$$

$$t_1 = \frac{98 \text{ km}}{105 \text{ km/h}} \approx 0,933 \text{ h} = 56 \text{ min}$$

$$t_2 = \frac{s}{v_2} \quad \left| \begin{array}{l} s = 98 \text{ km} \\ v_2 = 120 \text{ km/h} \end{array} \right.$$

$$t_2 = \frac{98 \text{ km}}{120 \text{ km/h}} \approx 0,817 \text{ h} = 49 \text{ min}$$

$$t_1 - t_2 = 7 \text{ min}$$

b) Ratkaistaan, kuinka pitkän matkan jono kulkee 7 min aikana.

$$v = \frac{s}{t} \Leftrightarrow s = t \cdot v \quad \left| \begin{array}{l} t = 7 \text{ min} = 0,1666... \text{ h} \\ v = 105 \text{ km/h} \end{array} \right.$$

$$s = 0,1666... \text{ h} \cdot 105 \text{ km/h} = 12,25 \text{ km} \approx 12 \text{ km}$$

$$c) v = \frac{s}{t} \quad \left| \begin{array}{l} s = 98 \text{ km} \\ t = 46 \text{ min} = 0,7666... \text{ h} \end{array} \right.$$

$$v = \frac{98 \text{ km}}{0,7666... \text{ h}} \approx 128 \text{ km/h}$$

Nopeus ei ole laillinen!

# Tehtävä 3

---

- Moni autoilija ajattelee, että kun ajaa menomatkalla nopeudella 60 km/h ja paluumatkalla nopeudella 100 km/h, niin keskinopeus koko matkalla on 80 km/h. Onko näin?
- Laske todellinen keskinopeus.
- Missä tilanteessa keskinopeus saadaan nopeuksien keskiarvona?



# Ratkaisu

a) Ratkaistaan keskinopeus koko matkalla.

$s$  = matka yhteen suuntaan

$s_{\text{kok}} = 2s$  = koko matka

$t_1$  = menomatkkaan käytetty aika

$t_2$  = paluumatkkaan käytetty aika

$t_{\text{kok}} = t_1 + t_2$  = kokonaisaika

$v_1 = 60 \text{ km/h}$

$v_2 = 100 \text{ km/h}$

$v_{\text{kok}} = ?$

$$\begin{aligned} v_{\text{kok}} &= \frac{s_{\text{kok}}}{t_{\text{kok}}} = \frac{2s}{t_1 + t_2} = \frac{2s}{\frac{s}{v_1} + \frac{s}{v_2}} = \frac{2s}{\frac{s}{60} + \frac{s}{100}} = \frac{2s}{\frac{5s}{300} + \frac{3s}{300}} = \frac{2s}{\frac{8s}{300}} \\ &= \frac{2s \cdot 300}{8s} = 75 \text{ km/h} \neq 80 \text{ km/h} \end{aligned}$$

# Ratkaisu jatkuu...

---

- Nopeus saadaan nopeuksien keskiarvona, jos tilanne olisi esimerkiksi sellainen, että ensin ajetaan tunti nopeudella 60 km/h ja sen perään toinen tunti nopeudella 100 km/h. Toimii siis aikayksikköä kohden!

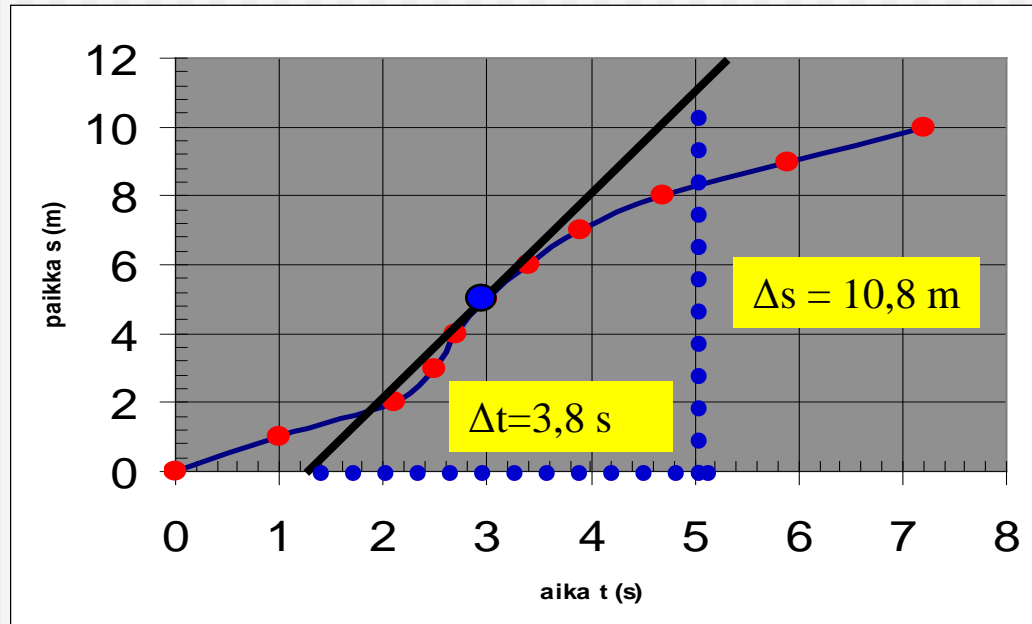
# Hetkellinen nopeus

---

- Kuinka määritetään muuttuvasta liikkeestä nopeus jollain tietyllä ajanhetkellä?
- Graafisesti derivoimalla: Piirretään käyrää sivuava tangentti tarkasteltavaan kohtaan ja lasketaan tangentin kulmakerroin.
- Voidaan määrittää myös laskemalla (derivaatan) avulla, mutta sitä ei käsitellä tässä kurssissa.

# Hetkellinen nopeus hetkellä $t=3,0\text{ s}$

t/s	s/m
0,0	0,0
1,0	1,0
2,1	2,0
2,5	3,0
2,7	4,0
3,0	5,0
3,4	6,0
3,9	7,0
4,7	8,0
5,9	9,0
7,2	10,0

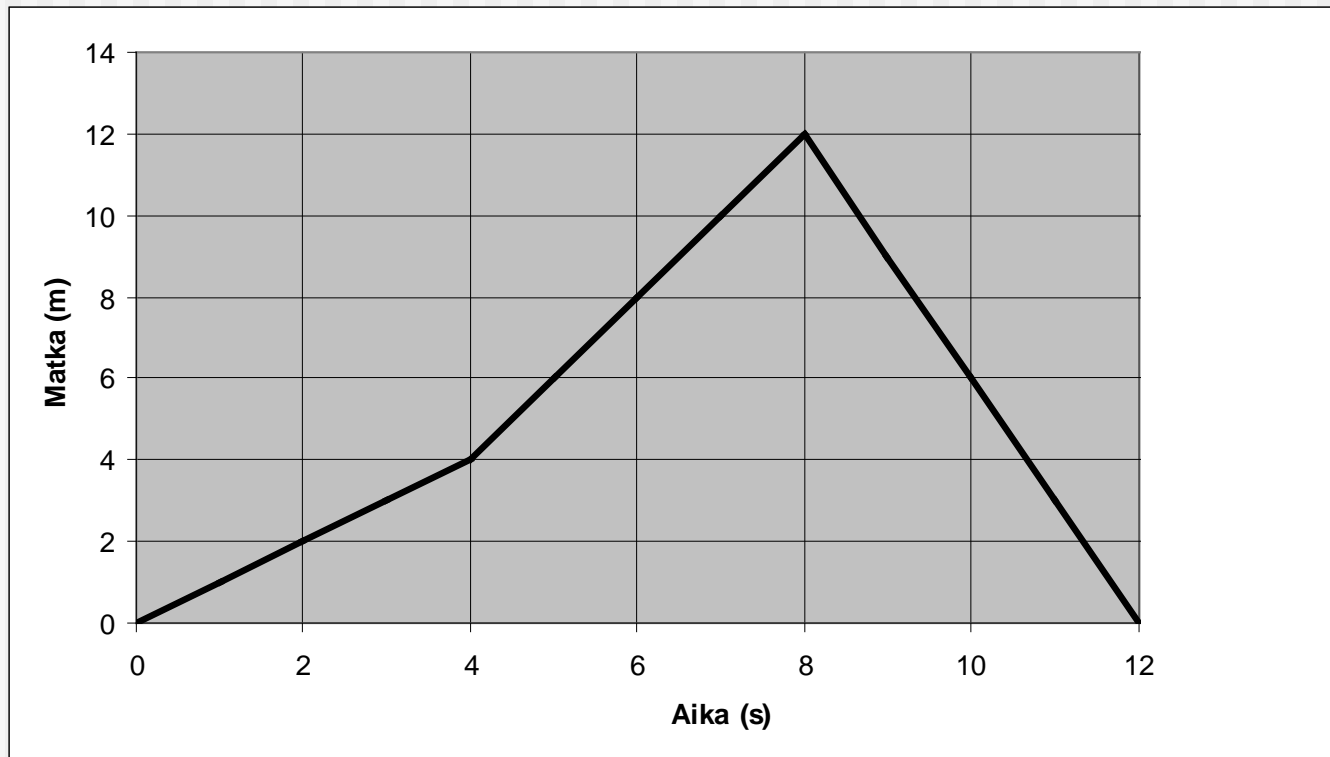


Piirretään tangentti (sivuaja) kohtaan  $t=3,0\text{ s}$   
ja lasketaan **kulmakerroin**

$$\text{Kohdassa } t=3,0\text{ s hetkellinen nopeus} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{10,8\text{ m}}{3,8\text{ s}} \approx 2,8\text{ m/s}$$

# Tehtävä

Määritä leikkijunan tapauksessa hetkellinen nopeus hetkellä  $t = 10$  s.



# Ratkaisu

---

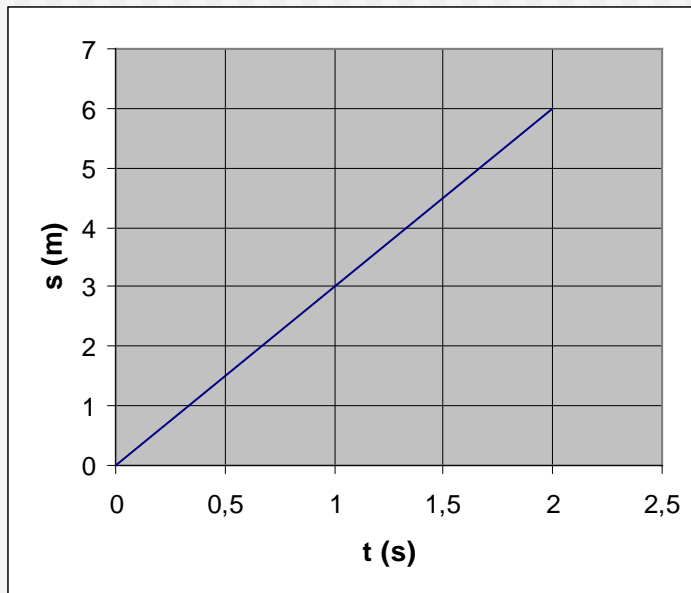
- Suoralta hetkellisen nopeuden määrittäminen on helppoa, sillä suoran tangentti=suora itse.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \left| \begin{array}{l} \Delta s = -12m \\ \Delta t = 4s \end{array} \right.$$

$$v = \frac{-12m}{4s} = -3m/s$$

# Tehtäviä

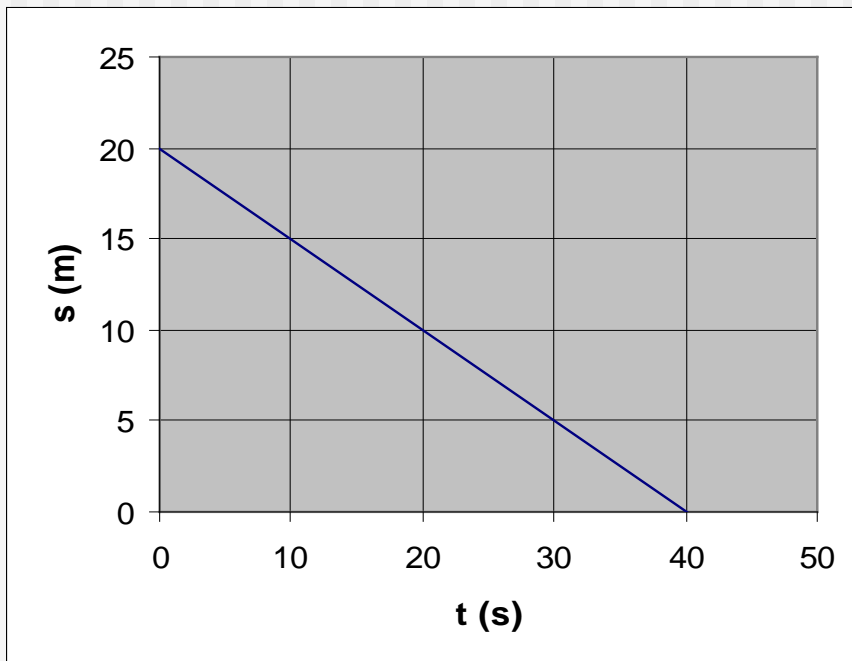
1. Kuvat esittävät kappaleen liikettä, määritä kussakin tapauksessa kappaleen nopeus.



$$v = 3 \text{ m/s}$$

# Tehtäviä

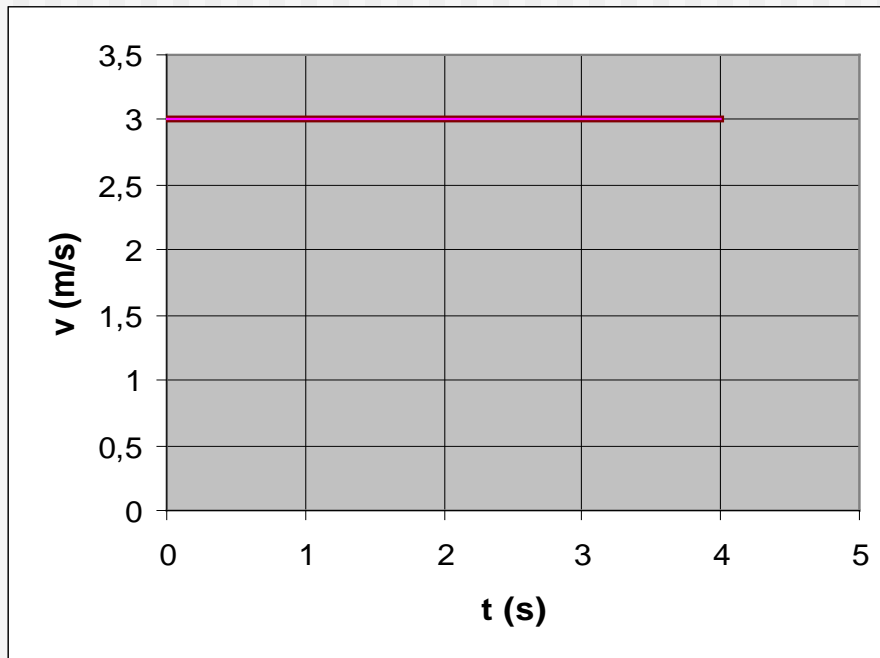
---



$$v = -0,5 \text{ m/s}$$



# Tehtäviä



$(t, v)$ -koordinaatisto  
→  $v$  saadaan suoraan

$$v = 3 \text{ m/s}$$

# Tehtäviä

---

2. Silmänräpäyksen kesto on likimain 100 ms. Kuinka pitkän matkan kulkee tuona aikana valo?

$$v = \frac{s}{t} \Leftrightarrow s = t \cdot v \quad \left| \begin{array}{l} t = 100ms = 0,1s \\ v = 3,0 \cdot 10^8 m/s \end{array} \right.$$

$$s = 0,1s \cdot 3,0 \cdot 10^8 m/s = 30000km$$

# Tehtäviä

---

3. Jääkiekkoilija lyö kiekon 14 metrin etäisyydeltä kohti maalia nopeudella 160 km/h. Kuinka paljon maalivahdille jää aikaa toimia?

$$t = \frac{s}{v} \quad \left| \begin{array}{l} s=14\text{m} \\ v=160\text{km/h}=44,4\dots\text{m/s} \end{array} \right.$$

$$t = 0,315\text{s} = 315\text{ms}$$

# Kiihtyvä liike

---

- Kiihtyvyys kuvaa nopeuden muutosta
- Keskikiihtyvyys = nopeuden keskimääräinen muutos jollain tietyllä aikavälillä

$$a_k = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

$\Delta v$  = nopeuden muutos  
 $\Delta t$  = kulunut aika

# Kiihtyvä liike

---

- Kiihtyvyyden yksikkö on  $\text{m/s}^2$
- Myös kiihtyvyys on vektorisuure.
  - positiivinen etumerkki  $\rightarrow$  nopeus kasvaa (= kiihtyvyys)
  - negatiivinen etumerkki  $\rightarrow$  nopeus pienenee (= hidastuvuus)
- Liike on kiihtyvää myös silloin, kun nopeuden suuruus ei muutu, mutta suunta muuttuu! Keksitkö tilanteita, joissa tämä tulee ilmi?
  - Auton ajaminen kaarteessa.

# Kiihtyvä liike

---

**Esim.** Auto kiihdyttää pysähdyksestä nopeuteen 100 km/h. Aikaa kului 11,8 s. Laske auton kiihtyvyys.

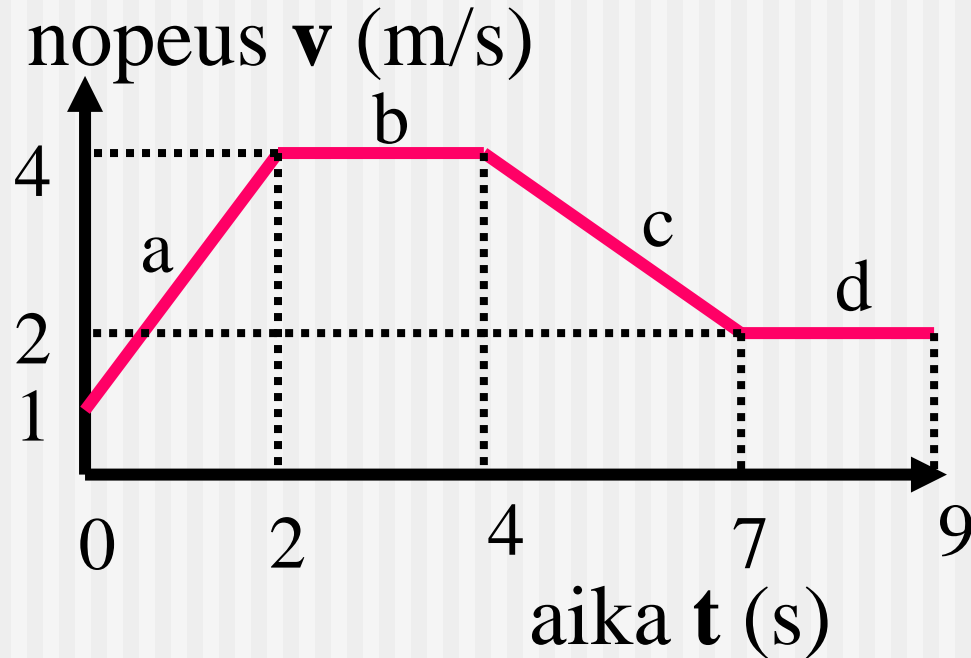
**Ratk.** 100 km/h : 3,6  $\approx$  27,8 m/s

$$a_k = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a_k = \frac{27,8 \text{ m/s}}{11,8 \text{ s}} \approx 2,35 \text{ m/s}^2$$

**Vastaus:** 2,35 m/s<sup>2</sup>

# KIIHTYVÄ JA HIDASTUVA LIIKE KUVAAJASSA



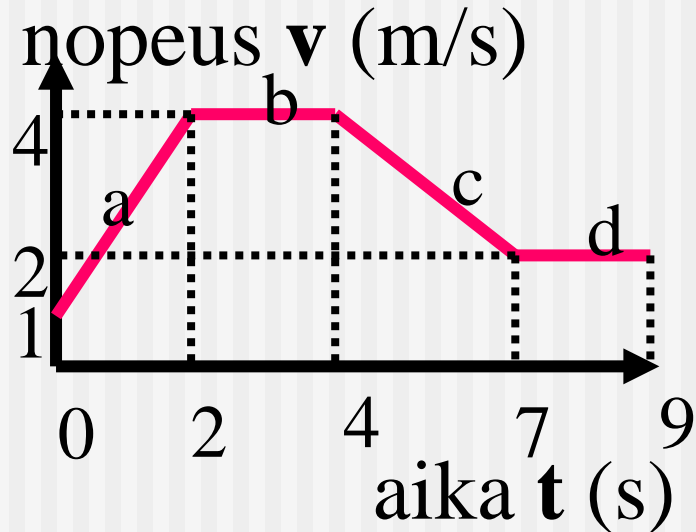
a: tasaisesti kiihtyvä liike,  $1 \text{ m/s} \rightarrow 4 \text{ m/s}$

b: tasainen liike, nopeus on  $4 \text{ m/s}$

c: tasaisesti hidastuva liike,  $4 \text{ m/s} \rightarrow 2 \text{ m/s}$

d: tasainen liike, nopeus  $2 \text{ m/s}$

# KIIHTYVÄ JA HIDASTUVA LIIKE KUVAAJASSA



$$\text{a: kiihtyvyys} = \frac{4 \text{ m/s} - 1 \text{ m/s}}{2 \text{ s} - 0 \text{ s}} = \frac{3 \text{ m/s}}{2 \text{ s}} = 1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\text{c: kiihtyvyys} = \frac{2 \text{ m/s} - 4 \text{ m/s}}{7 \text{ s} - 4 \text{ s}} = \frac{-2 \text{ m/s}}{3 \text{ s}} = -0,67 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



# Tehtäviä

1. Kiihtdytysautokisassa on dragsterilla saavutettu parhaimmillaan 3,72 sekunnissa nopeus 631,6 km/h. 1950-luvulla saavutettiin rakettimoottorilla varustetulla kelkalla 0,04 sekunnissa nopeus 116,6 km/h. Kummassa tapauksessa kiihtyvyys oli suurempi?

Ratk.

$$a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \left| \begin{array}{l} \Delta v = 631,6 \text{ km/h} = 175,44 \dots \text{ m/s} \\ t = 3,72 \text{ s} \end{array} \right.$$

$$a_1 = \frac{175,44 \dots \text{ m/s}}{3,72 \text{ s}} \approx 47,2 \text{ m/s}^2$$

$$a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \left| \begin{array}{l} \Delta v = 116,6 \text{ km/h} = 32,388 \dots \text{ m/s} \\ t = 0,04 \text{ s} \end{array} \right.$$

$$a_1 = \frac{32,388 \dots \text{ m/s}}{0,04 \text{ s}} \approx 810 \text{ m/s}^2$$

vast: 50-luvun kelkassa

# Tehtäviä

2. Saalistavan kalkkarokäärmeen pää pystyy saavuttamaan kiihtyvyyden  $50 \text{ m/s}^2$  käärmeen iskiessä kiinni saaliiseensa. Kuinka nopeasti auto saavuttaisi samalla kiihtyvyydellä nopeuden  $50 \text{ km/h}$ ?

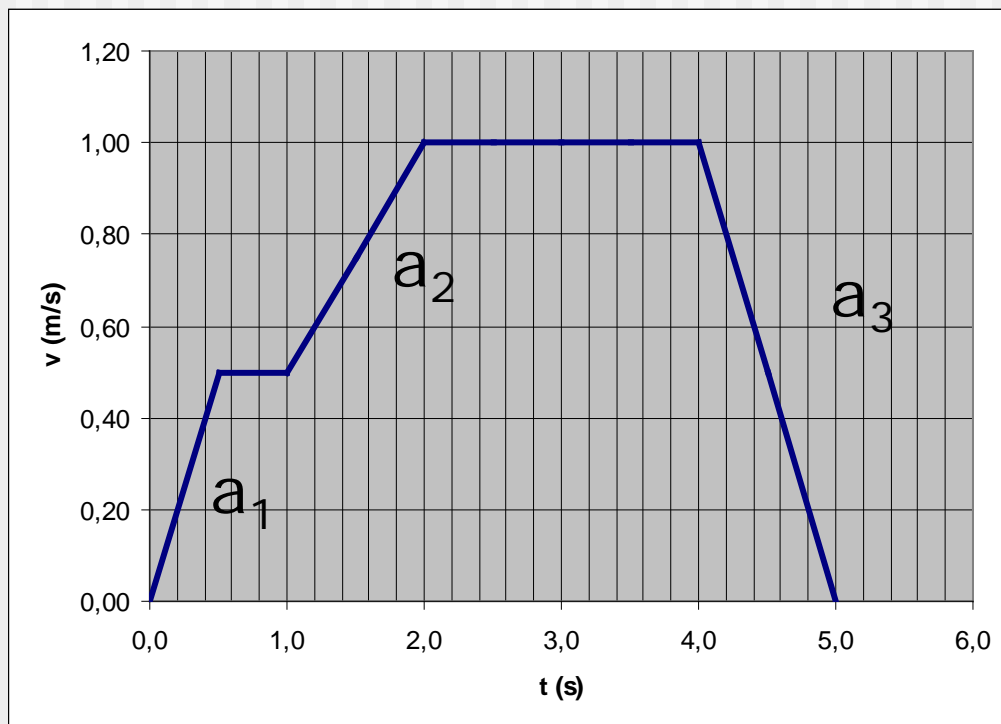
Ratk.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Leftrightarrow t = \frac{\Delta v}{a} \quad \left| \begin{array}{l} \Delta v = 50 \text{ km/h} = 13,88... \text{ m/s} \\ a = 50 \text{ m/s}^2 \end{array} \right.$$

$$t = \frac{13,88... \text{ m/s}}{50 \text{ m/s}^2} \approx 0,28 \text{ s}$$

# Tehtäviä

3. Oheinen kuvaaja esittää kerrostalon hissien liikettä hissien kulkiessa yhden kerrosvälin. Määritä hissien kiihtyvyys niinä aikaväleinä, jolloin hissien nopeus muuttuu.



$$a_1 = 1 \text{ m/s}^2$$

$$a_2 = 0,50 \text{ m/s}^2$$

$$a_3 = -1 \text{ m/s}^2$$

# Putouskiihtyvyys

---

- Maapallon pinnalla putoavan kappaleen nopeus kasvaa joka sekunti noin 10 m/s.
- Putouskiihtyvyys  $g$  on siis noin 10 m/s<sup>2</sup>.
- Huom! Ei riipu kappaleen massasta!!
- Tarkemmin:  
$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

**Esim.** Tiili lähtee putoamaan tornitalon huipulta ja osuu maahan 5,0 s:n kuluttua. Millä nopeudella tiili osuu maahan?

**Ratk.**  $v = 5\text{s} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \approx 49 \text{ m/s}$

**Vastaus:** 49 m/s

# Kiihtyvä liike ja matka

---

- Kuinka voidaan laskea tasaisesti kiihtyvän kappaleen tietyssä aikana kulkema matka?

$$s = \frac{1}{2}at^2$$

s = matka

a = kiihtyvyys

t = aika

- Kaava perustellaan lähiopetuksessa.

# Esimerkkejä

1. Kivi pudotetaan 23 m korkean kerrostalon katolta. Laske putoamiseen kuluva aika. Millä nopeudella kivi iskeytyy maahan?

**Ratk.**

$$s = \frac{1}{2}at^2, \text{ josta voidaan ratkaista}$$

$$t = \sqrt{\frac{2s}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 23\text{m}}{9,81\text{m/s}^2}} \approx 2,2\text{s}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}, \text{ josta saadaan}$$

$$\Delta v = a \cdot \Delta t = 9,81\text{m/s}^2 \cdot 2,2\text{s} \approx 22\text{m/s}$$

**Vastaus:** Putoamisaika 2,2 s

Osuu maahan nopeudella 22 m/s

# Esimerkkejä

1. Auto kiihdyttää 9,8 sekuntia kiihtyvyydellä  $2,4 \text{ m/s}^2$ . Auton alkunopeus on  $20 \text{ km/h}$ . Laske auton loppunopeus ja kiihdytyksen aikana kulkema matka.

**Ratk.**  $\Delta v = a \cdot \Delta t$

$$v_{\text{loppu}} - v_{\text{alku}} = a \cdot \Delta t$$

$$v_{\text{loppu}} = v_{\text{alku}} + a \cdot \Delta t = 20 : 3,6 \text{ m/s} + 2,4 \text{ m/s}^2 \cdot 9,81 \text{ s}$$

$$v_{\text{loppu}} = 29,07555... \text{ m/s} \approx 29 \text{ m/s} \approx 105 \text{ km/h}$$

"Kolmio"  $s_1 = \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} \cdot 2,4 \text{ m/s}^2 \cdot (9,8 \text{ s})^2 \approx 115 \text{ m}$

Lisäksi "suorakaide"  $s_2 = 5,56 \text{ m/s} \cdot 9,8 \text{ s} \approx 54,44 \text{ m}$

**Vastaus:** loppunopeus  $105 \text{ km/h}$

Kuljettu matka  $169 \text{ m}$

# Voima liikkeen muutoksen aiheuttajana

---

- Liikkeen muutokset selitetään fysiikassa kappaleiden välisillä vuorovaikutuksilla
- Voima kuvaa tämän vuorovaikutuksen suuruutta.
- Newtonin I laki: Kappale jatkaa liikettään suoraviivaisesti muuttumattomalla nopeudella tai pysyy levossa, jos siihen vaikuttavien voimien summa = 0.

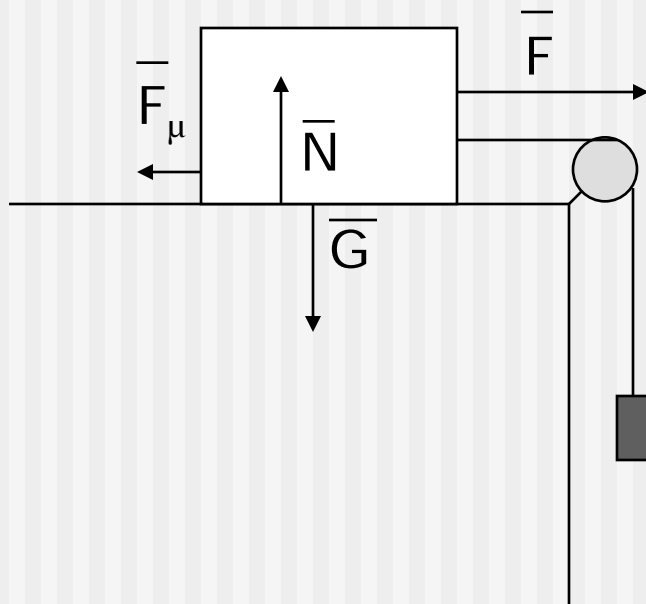


# Voima on vektorisuure

---

- Vektorin pituus ilmoittaa voiman suuruuden, nuolen kärki voiman suunnan.
- Voimakuvio: Tutkittava kappale irroitetaan ympäristöstään. Ainoastaan tutkittavaan kappaleeseen vaikuttavat voimat piirretään näkyviin.

# Voimakuvio



$\vec{F}_\mu$  = Kitkavoima

$\vec{F}$  = Voima, jolla köysi  
vetää laatikkoa

$\vec{N}$  = Alustan tukivoima

$\vec{G}$  = Painovoima

- Nyt  $\vec{N} = -\vec{G}$ , joten kappale ei liiku ylös- eikä alaspäin.

- $\vec{F}_\mu$  ja  $\vec{F}$  ovat vastakkaissuuntaiset, mutta  $\vec{F}$  on vektori  $\vec{F}_\mu$  pidempi  $\rightarrow$  laatikko liikkuu köyden suuntaan.

# Dynamiikan peruslaki

---

- Newtonin II laki eli Dynamiikan peruslaki:  
Kappaleeseen vaikuttava ulkoinen voima  $\vec{F}$  antaa kappaleelle, jonka massa on  $m$ , kiihtyvyyden  $\vec{a}$ .

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

- Voiman yksikkö:  $[F] = [m] \cdot [a] = \text{kg} \cdot \text{m/s}^2 = \text{N (newton)}$

# Esimerkkejä

---

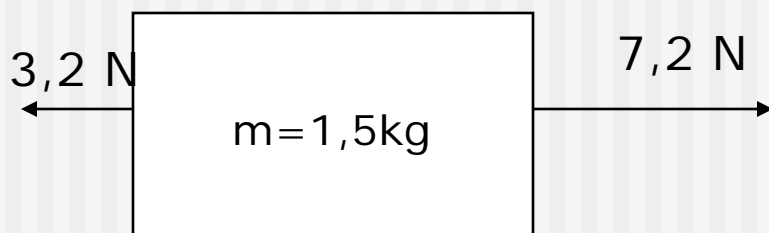
Auton kiihtyvyys on  $2,4\text{m/s}^2$  ja massa  $1500\text{kg}$ . Kuinka suuri kokonaisvoima autoon vaikuttaa?

Ratk.

$$F = 1500\text{kg} \cdot 2,4\text{m/s}^2 = 3600\text{N} = 3,6\text{kN}$$

# Esimerkkejä

1. Laske kappaleeseen vaikuttavan kokonaisvoiman suuruus ja kappaleen saama kiihtyvyys.



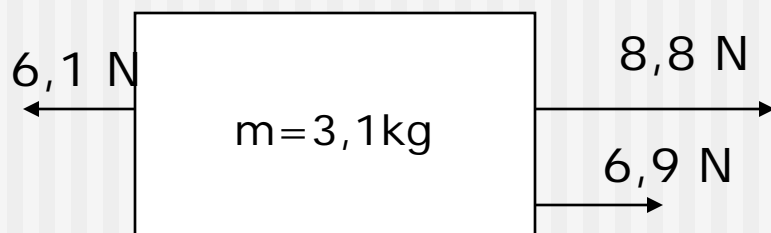
**Ratk.**  $F = 7,2 \text{ N} - 3,2 \text{ N} = 4,0 \text{ N}$

$$\bar{F} = m \cdot \bar{a}, \text{ josta } \bar{a} = \frac{\bar{F}}{m} = \frac{4,0 \text{ N}}{1,5 \text{ kg}} \approx 2,7 \text{ m/s}^2$$

**Vastaus:**  $2,7 \text{ m/s}^2$

# Esimerkkejä

2. Laske kappaleeseen vaikuttavan kokonaisvoiman suuruus ja kappaleen saama kiihtyvyys.



**Ratk.**  $F = 8,8 \text{ N} + 6,9 - 6,1 \text{ N} = 9,6 \text{ N}$

$$\bar{F} = m \cdot \bar{a}, \text{ josta } \bar{a} = \frac{\bar{F}}{m} = \frac{9,6 \text{ N}}{3,1 \text{ kg}} \approx 3,1 \text{ m/s}^2$$

**Vastaus:**  $3,1 \text{ m/s}^2$

# Esimerkkejä

---

3. Pyörän ja pyöräilijän yhteenlaskettu massa oli 105kg. Kuinka suuri pyörään vaikuttavan kokonaisvoiman on oltava, jotta se antaisi pyörälle kiihtyvyyden  $3,2 \text{ m/s}^2$ ?

**Ratk.**  $F = m \cdot a = 105 \text{ kg} \cdot 3,2 \text{ m/s}^2 = 336 \text{ N}$   
 $\approx 340 \text{ N}$

**Vastaus:** 340 N

# Painovoima

---

- Kappaleet putoavat maahan, koska maa vetää niitä puoleensa
- Tyhjiössä putoavaan kappaleeseen ei vaikuttaa ainoastaan maan vetovoima eli kappaleeseen vaikuttava painovoima = kappaleen paino:

$$G = m \cdot g$$



# Esimerkkejä

---

Laske oma painosi

Ratk.  $G = mg = 50\text{kg} \cdot 9,81\text{m/s}^2 = 490,5\text{N}$

Huom! Massa  $\neq$  Paino, vaikka  
arkikielessä ne usein sotketaankin!!!

# Esimerkkejä

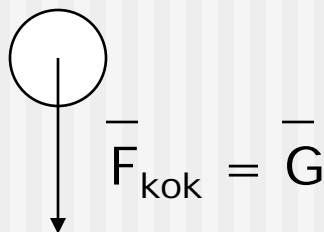
---

1. Piirrä suoraan maata kohti putoavaan palloon vaikuttavat voimat ja kokonaisvoima, kun
  - a) Ilmanvastusta ei oteta huomioon
  - b) Ilmanvastus on merkittävä
  - c) Laske pallon kiihtyvyys, kun pallon massa on 5,6kg ja ilmanvastus on  $1/10$  pallon painosta.

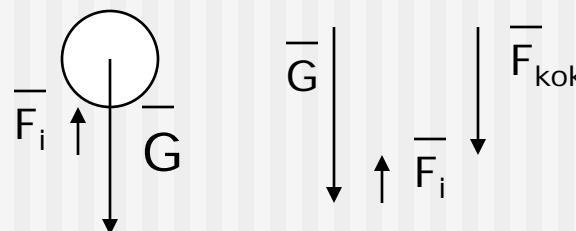
# Esimerkkejä

Ratk.

a) Kuva:



b)



c)  $G = m \cdot g = 5,6 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 54,936 \text{ N}$

$$F_i = 1/10 \cdot 54,936 \text{ N} = 5,4936 \text{ N}$$

$$F_{\text{kok}} = G - F_i = 54,936 \text{ N} - 5,4936 \text{ N} = 49,4424 \text{ N}$$

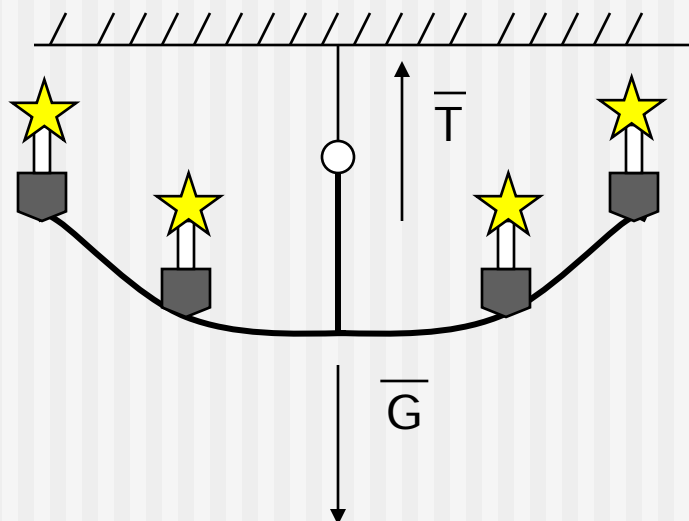
$$F_{\text{kok}} = m \cdot a, \text{ josta}$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{49,4424 \text{ N}}{5,6 \text{ kg}} \approx 8,8 \text{ m/s}^2$$

**Vastaus:**  $8,8 \text{ m/s}^2$

# Esimerkkejä

2. Kuinka suuri on narun tukivoima, kun kattoon kiinnitettyssä narussa riippuu kynttiläkruunu, jonka massa on 5,6 kg?



**Ratk.** Koska kruunu on levossa:  $T + G = 0$ , joten

$$T = G = mg$$

$$T = 5,6 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$T \approx 55 \text{ N}$$

**Vastaus:** 55 N

# Tehtäviä

1. Jääkiekko, jonka massa on 0,15 kg, tulee kohti hyökkääjää nopeudella 12 m/s. Hyökkääjä laukaisee kiekon suoraan takaisin nopeudella 21 m/s. Maila koskettaa kiekkoa 0,040 s ajan. Kuinka suurella keskimääräisellä voimalla maila osuu kiekkoon?

Valitaan kiekon lähtösuunta positiiviseksi.

$$F=ma \quad \left| \begin{array}{l} m=0,15\text{kg} \\ a=\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{21 - (-12)\text{m/s}}{0,040\text{s}} = \frac{33\text{m/s}}{0,040\text{s}} = 825\text{m/s}^2 \end{array} \right.$$

$$F = 0,15\text{kg} \cdot 825\text{m/s}^2 = 123,75\text{N} \approx 120\text{N}$$

# Tehtäviä

2. Autoilija ajaa nopeudella 60 km/h ja kuule yllättäen autonsa moottorista epäilyttävää kolinaa. Hän yrittää pysäyttää autonsa mahdollisimman nopeasti jarruttaen 7,8 kN:n voimalla. Auton massa on 1300 kg. Kuinka pian auto pysähtyy? Kuinka pitkä on jarrutusmatka?

Ratk.

$$a = \frac{\Delta v}{t} \Leftrightarrow t = \frac{\Delta v}{a} \quad \left| \begin{array}{l} \Delta v = -60 \text{ km/h} = -16,66... \text{ m/s} \\ a = \frac{F}{m} = \frac{-7800 \text{ N}}{1300 \text{ kg}} = -6 \text{ m/s}^2 \end{array} \right.$$
$$t = \frac{-16,66... \text{ m/s}}{-6 \text{ m/s}^2} \approx 2,8 \text{ s}$$

Huom! Etumerkit tulee, siitä, että auton kulkusuunta on valittu positiiviseksi, jolloin auton hidastaessa vauhtiaan, kiihtyvyys ja voima on päinvastaiseen suuntaan.