

## Luku 10: Kokonaisvoima & liikkeen muutos

### Keskeiset sisällöt

- Newtonin I -laki
- Newtonin II -laki
- Kokonaisvoima



### Newtonin I-laki

#### Newtonin I laki

Päätelyn vaihe: Vaihe 1 Vaihe 2 Vaihe 3

Vaihe 1: Laatikko on liikkeessä. Laatikkoon vaikuttaa KITKA ja ILMANVASTUS.  
Mieti, mitä laatikon liikkeelle tapahtuu?

TESTAA

## Jatkavuuden laki

Edellisen sivun vaiheittaiset kysymykset ohjasivat pohtimaan samaa kysymystä, jota myös Galileo Galilei ja Isaac Newton pohti. Newton muotoili päätelmän jatkavuuden laiksi.

### Newtonin ensimmäinen laki (Jatkavuuden laki)

Mikäli kappale ei ole vuorovaikutuksessa muiden kappaleiden kanssa, kappale on levossa tai jatkaa tasaista liikettään.



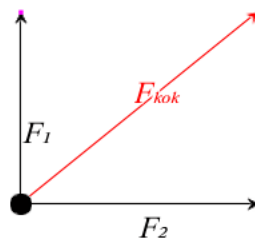
*Avaruuteen lähetetty luotain jatkaa tasaista liikettään suoraviivaisesti Newtonin I lain mukaisesti. Todellisuudessa täysin vuorovaikutuksenta tilaa ei ole olemassa.*

## Kokonaisvoima

### Kokonaisvoima

Käytännössä tila, jossa kappale ei olisi muiden kappaleiden kanssa vuorovaikutuksessa on mahdoton. Kuitenkin vastaava tilanne voi helposti syntyä, mikäli vaikuttavien voimien yhteisvaikutus kumoaa toistensa vaikutuksen. Tutki alla, millainen on kahden voiman  $F_1$  ja  $F_2$  yhteisvaikutus, eli kokonaisvoima.

Voit tarttua voimavektoreiden päihin.



## Vuorovaikutus muuttaa kappaleen liikettä

Aiemmin todettiin, että kappale jatkaa tasaista liikettään, mikäli se ei ole vuorovaikutuksessa muiden kappaleiden kanssa. Samaa tilannetta vastaa tilanne, jossa kappaleen vaikuttavien voimien summa on nolla, eli kokonaisvoima on nolla.

Liikkeen muuttamiseen tarvitaan sen sijaan aina vuorovaikutus. Liikkeen muutoksella tarkoitetaan kappaleen kiihdyttämistä tai jarruttamista. Mitä raskaampi kappale on kyseessä, sitä suurempi voima liikkeen muuttamiseen tarvitaan. Kevyen mopoauton kiihdyttäminen onnistuu pienelläkin moottorilla, mutta rekka-auton kiihdyttämiseen tarvitaan valtava moottori. Vastaavasti rekka-auton pysäyttäminen vaatii valtavan voiman. Tästä syystä monesti puhutaan myös massan hitaudesta. Newtonin II laki, dynamiikan peruslaki määrittelee kiihtyvyydelle, kokonaisvoimalle ja massalle laskennallisen yhteyden.

### Newtonin toinen laki (Dynamiikan peruslaki)

Kappaleen saama kiihtyvyys on suoraan verrannollinen siihen vaikuttavaan kokonaisvoimaan, ja kääntäen verrannollinen kappaleen massaan.

$$\vec{F}_{\text{kok}} = m \cdot \vec{a}$$



## Tutki

Seuraavalla sivulla on Newtonin II lain mukainen simulaatio. Voit muuttaa massaa ja vaikuttavaa kokonaisvoimaa.

- Missä tilanteissa kokonaisvoima on nopeuden suuntainen?
- Missä tilanteissa kokonaisvoima on nopeuden kanssa erisuuntainen?

Mainitse jokin todellinen esimerkki, jossa a ja b kohtien tilanne esiintyy.



## Newtonin II laki

Kappaleeseen vaikuttavien voimien summa  $\Sigma \vec{F}$  antaa kappaleelle kiihtyvyyden siten, että  $\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}$ .



◀  $\Sigma \vec{F}$  ▶

50 kg 150 kg

### Esimerkki 1

Kuinka suuri kokonaisvoima tarvitaan mopoauton kiihdyttämiseen levosta huippunopeuteen (45 km/h) yhdeksässä sekunnissa? Mopoauton massa on 350 kg.

### Ratkaisu

Lasketaan mopon kiihtyvyys

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{45/3,6 \text{ m/s} - 0 \text{ m/s}}{9 \text{ s}} = \frac{12,5 \text{ m/s}}{9 \text{ s}} = 1,3889 \text{ m/s}^2$$

Newtonin II lain mukaisesti tarvittava kokonaisvoima on

$$F_{\text{kok}} = m \cdot a = 350 \text{ kg} \cdot 1,3889 \text{ m/s}^2 = 486,115 \text{ N}$$

### Vastaus

Tarvittava kokonaisvoima on 490 N

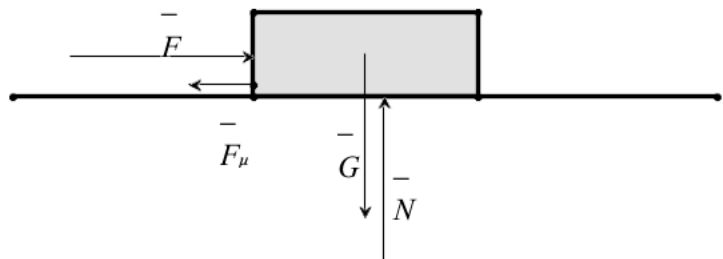
## Esimerkki 2

Piirrä voimakuvio seuraavista tilanteista.

- Valaisin roikkuu katosta
- Laatikkoa työnnetään siten, että laatikon nopeus kasvaa. Laatikoon vaikuttaa kitka.

## Ratkaisu

- Lamppu on levossa, joten siihen vaikuttavien voimien summa, kokonaisvoima on nolla. Huomioidaan tämän voimakuviota piirtäessä.
- Laatikko on kiihtyvässä liikkeessä, joten vaikuttavien voimien summa, kokonaisvoima on kiihtyvyyden suuntainen.

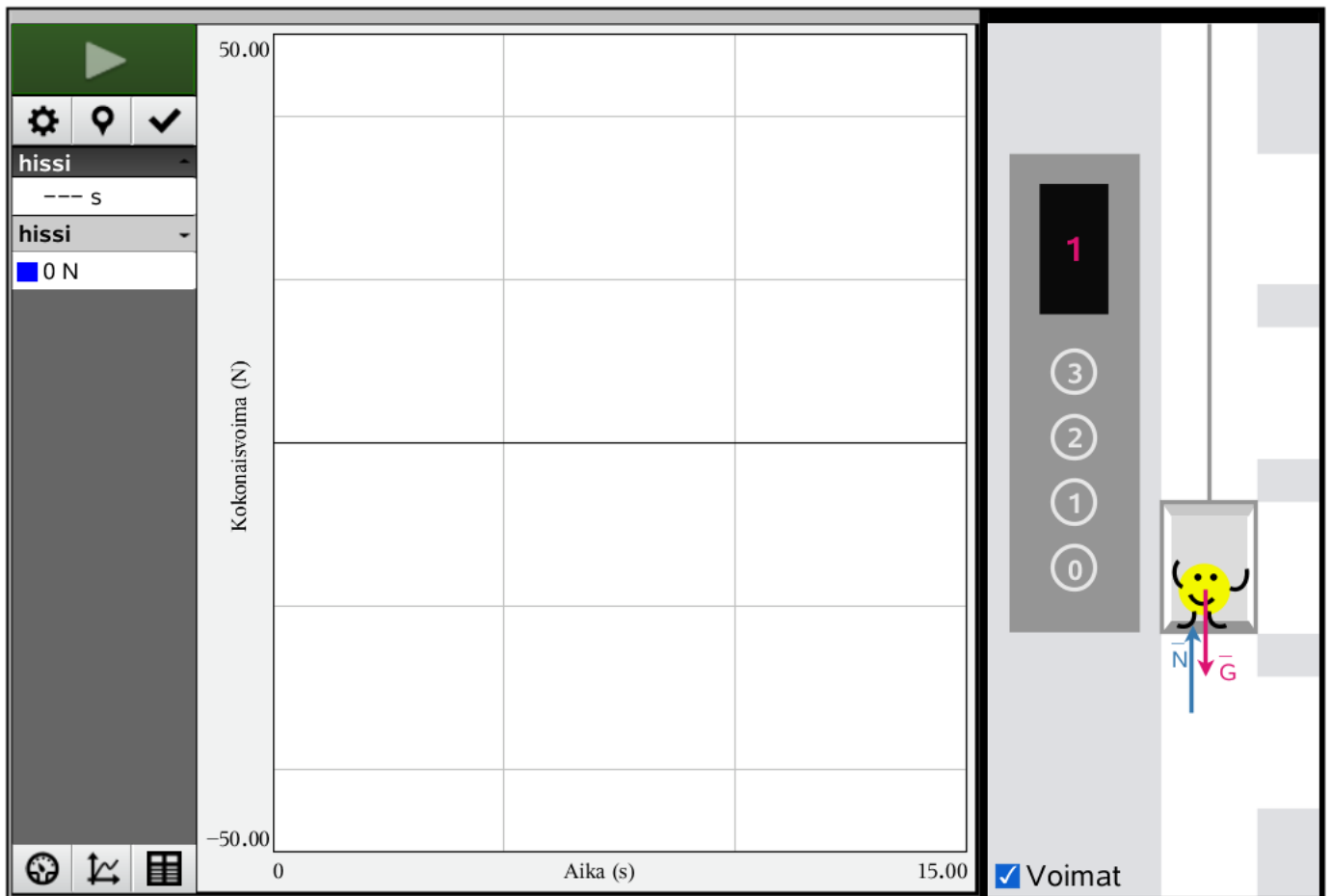


## Tutki 2

### Tutki 2

Siirry seuraavalle sivulle ja tutki simulaatiota miehestä hississä. Käynnistä simulaatio painamalla hissinnappeja.

- Mikä on liikkeen positiivinen suunta muodostuvan kuvaajan perusteella?
- Miten mieheen vaikuttavat voimat muuttuvat hissimatkan aikana?
- Miten hississä matkustava henkilö voi aistia kuvaajan eri vaiheet?



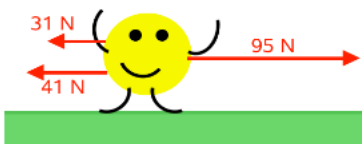
## Tehtäviä

### Tehtäviä

1. Selitä, mitä Newtonin laeilla tarkoitetaan. Voit käyttää apunan esimerkkejä.

- Newtonin I laki
- Newtonin II laki
- Newtonin III laki

2. Määritä alla olevan kuva tilanteessa kokonaisvoima ja kiihtyvyys, kun miehen massa on 50 kg.



3. Mopon ja mopoilijan yhteismassa on 110 kg. Kuinka suuri kokonaisvoima tarvitaan, jotta mopo kiihtyisi  $2.6 \text{ m/s}^2$ ?

4. Autoon vaikuttava kokonaisvoima (kitka ja ilmanvastus) on jarrituksen aikana 15kN.

- Mikä on auton kiihtyvyys, kun auton massa on 1800 kg?
- Kuinka kauan pysähtyminen 102 km/h nopeudesta vie aikaa?

5. Moni koira matkustaisi mielellään auton hattuhyllyllä. Perustelee Newtonin lakien avulla, miksi koiran valitsema matkustuspaikka on huono.

6. Liukkaalla jäällä on kaksi hiihtäjää, Matti ja Maija. Hiihtäjiä yhdistää köysi, josta Matti kiskaisee 150 N voimalla. Millaisen kiihtyvyyden Matti ja Maija saavat, kun Matin massa on 88 kg ja Maijan 55 kg? Suksien ja jään välinen kitka voidaan jättää huomioimatta.

7. Poika päättää hypätä veneen keulasta järveen, joilloin poika kohdistaa veneeseen 400 N vaakasuuntaisen voiman. Kuinka suuren kiihtyvyyden poika ja vene saavat, kun pojan massa on 50 kg ja veneen massa 175 kg?

8. Oheisessa taulukossa oleva mittausaineisto kuvaa auton (1600 kg) nopeutta kiihdytystilanteessa. Mitatut ajat ovat sekunteina ja nopeudet kilometrejä tunnissa. Laske aluksi viereiseen tyhjiin sarakkeeseen nopeudet metreinä sekunnissa. Laadi aineiston perusteella nopeuden kuvaaja käyttäen Data&Tilastot -sovellusta.

Määritä kuvaajan perusteella

- auton maksimikiihtyvyys (käytä työvälinettä Siirrettävä suora)
- auton keskikiihtyvyys
- autoon vaikuttava kokonaisvoima hetkellä, jolloin maksimikiihtyvyys saavutetaan.

#### Tehtävä 8: Mittausdata

A	aika	B	nopeus	C	D	E	F	G	H	I	J
=											
1	0.	54.994									
2	0.2	54.922									
3	0.4	55.043									
4	0.6	55.163									
5	0.8	55.378									
6	1.	55.692									
7	1.2	56.192									
8	1.4	56.69									
9	1.6	57.287									
10	1.8	57.882									
11	2.	58.667									
12	2.2	59.452									
13	2.4	60.237									
14	2.6	61.116									
15	2.8	62.473									

A1 =0.

## Vastaukset

3. 290 N

4. a)  $8.3 \text{ m/s}^2$  b) 3.4 s

6. Matti  $1.7 \text{ m/s}^2$  Maija  $2.7 \text{ m/s}^2$

7. Poika  $80 \text{ m/s}^2$  Vene  $2.3 \text{ m/s}^2$

8. a)  $2.4 \text{ m/s}^2$  b)  $0.6 \text{ m/s}^2$  c) 3800 N

## Tekijänoikeudet

### Luvun kuvitus:

<http://www.shutterstock.com/>

oliveromg (Köyden veto)

Nightman1965 (rekka takaa)

Markus Gann (maansii)

Alones (avaruus1)

Milos Muller (rekka mutkassa)

A. and I. Kruk (höytyjuna)