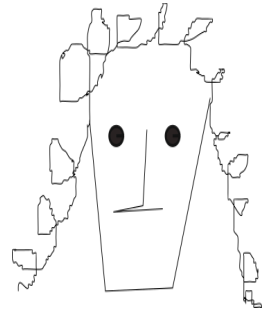


# Newtonin lait ja voima

1. a) Jos joutuisit absoluuttisen liukkaalle jäälle olisi liikkuminen sillä periaatteessa erittäin helppoa Newtonin lakien ansiosta. Selitä miksi?
- b) Miksi liiketilan muuttaminen tällaisella jäällä olisi kuitenkin ongelmallista?
- c) Etsi Newtonin kolmannen lain avulla konsti kuinka hallittu liikkuminen voisi kuitenkin onnistua?

## Ratkaisu

- a) Jatkuvuuden laki toimisi ihanteellisesti ja liike jatkuisi ikuisesti tasaisella nopeudella
- b) Voimaa jolla liikkeen saisi aikaan olisi vaikea tuottaa, koska jäältä ei voisi ponnistaa, eli vastavoimaa ei syntyisi. Tällöin työntävä voimakin jäisi syntymättä. Vastaavasti kuin liukkaalla jäällä 'sutiva' auto ei pääse liikkeelle.
- c) Puhaltamalla toimiva rakettimoottori mahdollistaisi liikkumisen, koska tarvittava voima olisi niin pieni.



2. Ennen Newtonia ajateltiin yleensä niin, että liikkuminen vaatii voimaa ja liike lakkaa jos voima loppuu.
- a) Selitä Newtonin lakien avulla miksi tämä nykyihmisistäkin usein luonnolliselta tuntuva ajatus on väärä?
- b) Newton tarvitsi lakejaan ennen kaikkea selittämään Kuun liike Maan ympäri. Selitä sinäkin se Newtonin lakien avulla.

## Ratkaisu:

- a) Liikettä meidän normaalissa ympäristössä vastustavat erilaiset vastusvoimat, kuten kitka ja ilman- tai veden vastus. Nämä voimat pysäyttävät aiheuttamansa hidastuvuuden vuoksi liikkeen usein nopeasti. Ei kuitenkaan aivan heti, vaan liike jatkuu vielä voiman loppumisen jälkeenkin. Tätä voidaan pidentää esimerkiksi voitelun avulla.
- b) Kuu kiertää Maata jatkuvasti. Väliaineettomassa ympäristössä tämä johtuu Newtonin 1. laista, eli jatkuvuuden laista. Kuun liike ei kuitenkaan ole suoraviivaista, vaan se kiertää Maata. Tämä johtuu voimasta, eli Maan vetovoimasta, joka muuttaa Kuun radan kiertoradaksi. Maavetää Kuuta, mutta Kuu vetää myös maata yhtäsuurella vastakkaissuuntaisella voimalla. Koska Maa on kuitenkin paljon Kuuta suurempi näkyy Kuun vetovoima Maassa lähinnä vuorovetenä.

3. a) Kuinka suurella voimalla Maa vetää massaltaan 60 kg ihmistä?  
b) Kuinka suurella voimalla samainen ihminen vetää  $5,9737 \times 10^{24}$  kg Maata?  
c) Miksi Maa vetää kyseistä ihmistä (joka vieläpä tunnetaan varsin ikävänä ihmisenä)?  
d) Kaikki olisivat tyytyväisiä, jos tämä ikävä ihminen voitaisiin lähettää Marsiin. Kuinka suurella voimalla Mars vetäisi häntä?

Ratkaisu

a)

$$F = G = mg = 60 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 588,6 \text{ N} \text{ tämä pyöristetään usein arvoon } 600 \text{ N.}$$

b) Newtonin kolmannen lain mukaan kyseinen voima on G:n vastavoima = 600N.

c) Tämä on metafysiikan kysymys, jota voi filosofiassa pohtia. Fysiikassa tyydytään laskemaan eksakti eli tarkka tulos sille kuinka suurella voimalla maa vetää henkilöä.

d) Mars on jonkinverran Maata pienempi planeetta, joten siellä vetovoima on pienempi:  $g = 3,711 \text{ m/s}^2$ .

Näin henkilön painovoima Marsissa  $G_{\text{Mars}} = mg = 60 \text{ kg} \cdot 3,711 \text{ m/s}^2 = 223 \text{ N}$

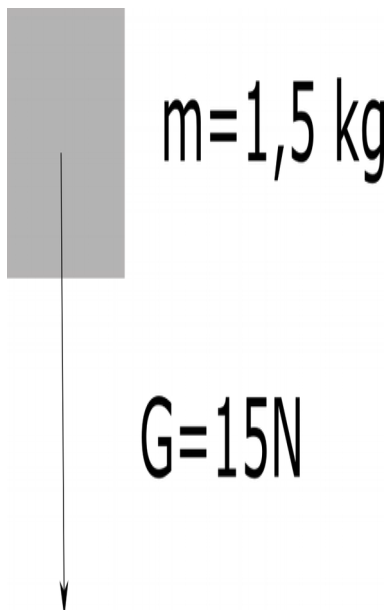
4.

Kappaleeseen, jonka massa on 1,5kg vaikuttaa Maan vetovoiman lisäksi vain toinen voima F. Määritä kappaleen kiihtyvyys (suunta ja suuruus) kun F saa seuraavat arvot:

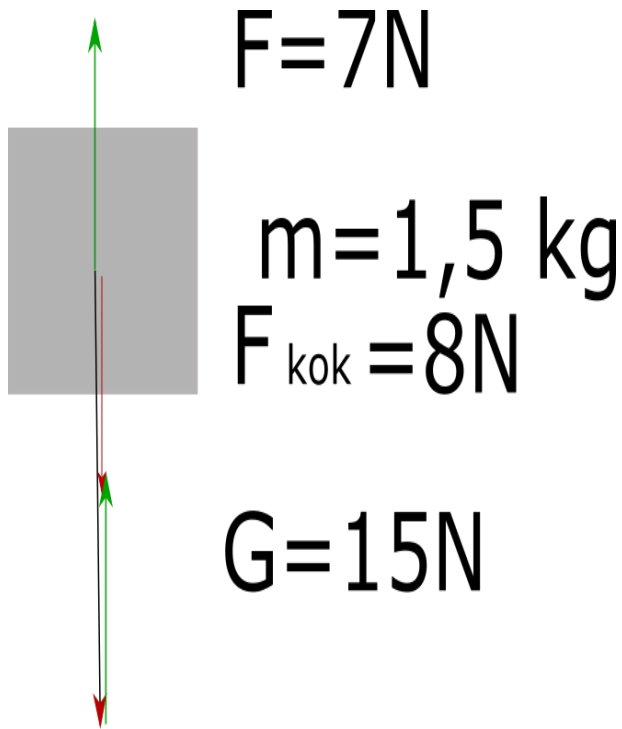
- a) 7N ylös b) 7N alas c) 20N ylös d) 20N alas e) 15N ylös f) 15N alas.

Ratkaisu:

Maan vetovoima kaikissa tapauksissa  $G = mg = 1,5 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 15 \text{ N}$  . Sen suunta on luonnollisesti alas kuten kuvassa:



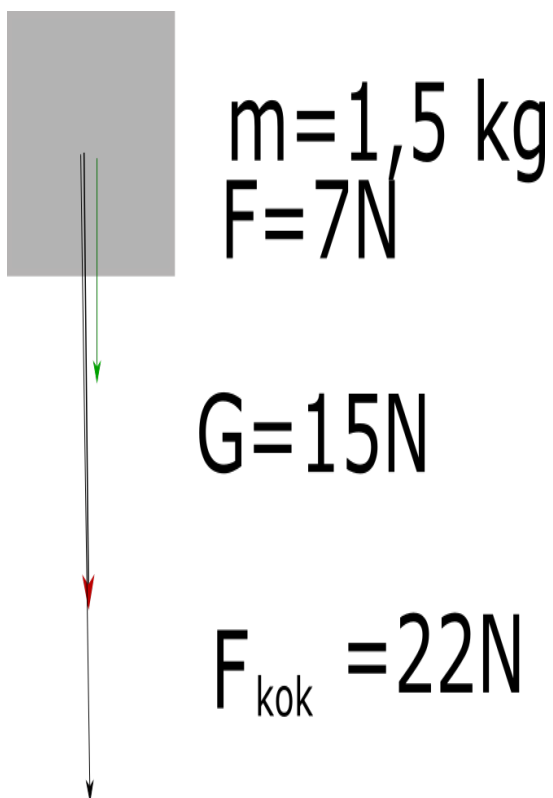
a)



$$F_{\text{kok}}=ma$$

$$a=\frac{F_{\text{kok}}}{m}=\frac{8\text{N}}{1,5\text{kg}}=5,3\text{m/s}^2 \text{ alaspäin.}$$

b)



$$a=\frac{F_{\text{kok}}}{m}=\frac{22\text{N}}{1,5\text{kg}}=14,6\text{m/s}^2 \text{ alaspäin}$$

c)  $F_{\text{kok}} = 20\text{ N} - 15\text{ N} = 5\text{ N}$  ylöspäin

$$a = \frac{F_{\text{kok}}}{m} = \frac{5\text{ N}}{1,5\text{ kg}} = 3,3\text{ m/s}^2 \text{ ylöspäin}$$

d)  $F_{\text{kok}} = 20\text{ N} + 15\text{ N} = 35\text{ N}$  alaspäin

$$a = \frac{F_{\text{kok}}}{m} = \frac{35\text{ N}}{1,5\text{ kg}} = 22,3\text{ m/s}^2 \text{ alaspäin}$$

e)  $F_{\text{kok}} = 15\text{ N} - 15\text{ N} = 0\text{ N}$

$$a = 0\text{ m/s}^2$$

f)  $F_{\text{kok}} = 15\text{ N} + 15\text{ N} = 30\text{ N}$  alaspäin

$$a = \frac{F_{\text{kok}}}{m} = \frac{30\text{ N}}{1,5\text{ kg}} = 20\text{ m/s}^2 \text{ alaspäin}$$

5. Suomen ilmavoimien Hornetin huippunopeudeksi ilmoitetaan max 1.8 mach. Muita lentokoneen ominaisuuksia: **Lentopaino:** 16 850 kg.

**Voimalaite:** 2 × General Electric F404-GE-402 jälkipolttavaa ohivirtausmoottoria, 48,2 kN per moottori kuivana, 79,2 kN [jälkipolttimella](#) .

Laske näiden tietojen perusteella: Hornetin kiihtyvyys ja vertaa sitä maapallon vetovoiman kiihtyvyyteen g. Missä ajassa ja millä matkalla huippunopeuden voisi levosta lähtien saavuttaa, jos voitaisiin lentää vaakatasossa?

Ratkaisu:

Lähdetään dynamiikan perusyhtälöstä:

$$F = ma$$

kiihtyvyys voidaan laskea:  $a = \frac{F}{m} = \frac{2 \cdot 79,2\text{ kN}}{16850\text{ kg}} = \frac{158400\text{ N}}{16850\text{ kg}} = 9,4\text{ m/s}^2 = g$

Todellisuudessa lentäjä joutuu kokemaan jopa 9g:n kiihtyvyyksiä koska mukaan tulee tietysti maan vetovoiman kiihtyvyys, noste ja keskeiskiihtyvyydet lennetäessä kaartuvia ratoja. Tämä aiheuttaa mm. niskakipuja, koska 9g kiihtyvyys aiheuttaa ruumiin painon 9 kertaistumisen.

Nopeus 1,8 mach tarkoittaa 1,8 kertaa äänen nopeus 340.3 m/s . Mach tulee itävaltalaisen fyysikon Ernst Machin nimestä.

$$v = at + v_0 = at$$

$$t = \frac{v}{a} = \frac{1,8 \cdot 340,3\text{ m/s}}{9,4\text{ m/s}^2} = 65\text{ s} \quad s = \frac{at^2}{2} + v_{0t} = \frac{at^2}{2} = \frac{9,4 \cdot 65^2}{2}\text{ m} = 19857,5\text{ m} = 20\text{ km}$$