

5 Voimat syntyvät vuorovaikutuksessa

Tehtävien ratkaisut

Tehtävät 1–4 ovat automaattisesti tarkistettavia tehtäviä ja ne ovat digikirjassa.

5-1.

Täydennä.

Kappaleiden ***liikkeen*** muutokset aiheutuvat vuorovaikutuksesta. Kun kaksi kappaletta vuorovaikuttavat keskenään, molemmissa havaitaan vaikutukset ***samaaikaaisesti***. Tällöin ilmenee aina ***kaksi*** vastakkaissuuntaista voimaa: ***voima*** ja sen ***vastavoima***. Voima on suure, joka kuvaa kappaleiden välisen vuorovaikutuksen ***voimakkuutta***.

Tukivoima on aina ***kohtisuorassa*** pintaa vastaan. Kaasuissa ja nesteissä vaikuttavia voimia ovat ***noste*** ja väliaineen vastus. ***Paino*** ei ole kappaleen ominaisuus vaan voima, joka syntyy kappaleiden välisessä gravitaatiovuorovaikutuksessa. Kosketusvoimaa, joka vastustaa kahden pinnan liukumista toistensa suhteen, kutsutaan ***kitkaksi***.

5-2.

Oikein/väärin -väittämät

- Kappaleiden liikkeen muutokset aiheutuvat vuorovaikutuksesta. ***Kyllä//Ei***
- Jos kappaleita on kaksi, vuorovaikutus vaikuttaa suurempaan kappaleeseen voimakkaammin kuin pienempään kappaleeseen. ***Kyllä//Ei***
Kommentti: Vuorovaikutus vaikuttaa molempiin kappaleisiin yhtä voimakkaasti.
- Jos kappale liikkuu, voimakuviossa tarkastellaan vain niitä voimia, joilla on merkitystä kyseisen liikkeen kannalta. ***Kyllä//Ei***
Kommentti: Voimakuvioon merkitään kaikki kappaleeseen kohdistuvat voimat.
- Paino on kappaleen ominaisuus. ***Kyllä//Ei***
Kommentti: Paino on gravitaatiovuorovaikutuksesta aiheutuva, kappaleeseen kohdistuva voima.
- Astronautin massa on sama Maassa ja Kuussa. ***Kyllä//Ei***
Kommentti: Massa on kappaleen ominaisuus, joten se ei riipu siitä, missä kappale on.
- Vuorovaikutuksessa ilmenevät voima ja vastavoima vaikuttavat samaan kappaleeseen. ***Kyllä//Ei***
Kommentti: Vuorovaikutuksessa ilmenevät voima ja vastavoima vaikuttavat eri kappaleisiin.

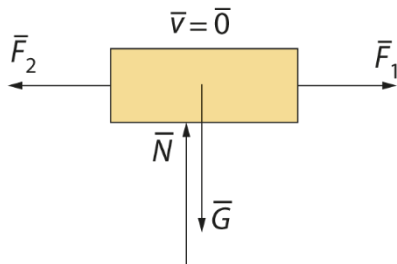
5-3.

Monivalintatehtävä

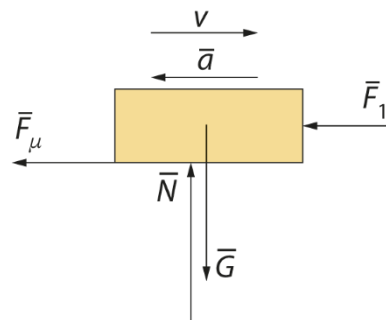
- Mitkä seuraavista väitteistä pitävät paikkansa?
 - Kappaleiden liikkeen muutokset aiheutuvat vuorovaikutuksesta.**
 - Vuorovaikutukset ovat aina kosketusvuorovaikutuksia.
 - Kahden kappaleen vuorovaikutukseen liittyy kaksi yhtä suurta, vastakkaissuuntaista voimaa.**
 - Voima ja vastavoima kumoavat toistensa vaikutuksen.
 - Yksittäistä voimaa ei ole olemassa.**
- Gravitaatiovuorovaikutus
 - on etävuorovaikutus**
 - on kosketusvuorovaikutus
 - vaikuttaa esimerkiksi satelliitin ja Maan välillä.**
- Massa ja paino
 - tarkoittavat samaa suuretta
 - ovat eri suureita**
 - ovat molemmat kappaleen ominaisuuksia.

5 Voimat syntyvät vuorovaikutuksessa

- d) Tabletin massa on 350 g. Mikä väitteistä on oikein?
- Tablettiin kohdistuva paino Maassa on 3,4 kg.
 - **Tablettiin kohdistuva paino Maassa on 3,4 N.**
 - **Tablettiin kohdistuva paino Kuussa on pienempi kuin Maassa.**
 - Tablettiin kohdistuva paino Kuussa on sama kuin Maassa
 - **Tabletin massa Kuussa on sama kuin Maassa.**



- e) Yllä olevasta voimakuvioista voi päätellä, että kappale
- liikkuu vakionopeudella
 - on kiihtyvässä liikkeessä
 - **on paikallaan.**



- f) Yllä olevasta voimakuvioista voi päätellä, että
- **kappale liikkuu oikealle**
 - **kappale on hidastuvassa liikkeessä oikealle**
 - kappale on kiihtyvässä liikkeessä vasemmalle
 - **kappale on kiihtyvässä liikkeessä oikealle**
 - voima $\vec{F}_1$ on suurempi kuin voima $\vec{G}$
 - **kappale on pystysuunnassa paikallaan.**

5-4.

massan yksikkö	kilogramma
aiheuttaa muutoksen kappaleen liikkeessä	vuorovaikutus
kappaleen ominaisuus	massa
voima ja vastavoima	Newtonin III laki
painon yksikkö	newton
$9,81 \text{ m/s}^2$	putoamiskiihtyvyys Maassa
vapaakappalekuva	voimakuvio
kuva voiman suuntaa ja suuruutta	voimanuoli

5 Voimat syntyvät vuorovaikutuksessa

5-5.

- Sauvamagneetin ja Maan välillä vallitsee gravitaatiovuorovaikutus (etävuorovaikutus).
Maan ja magneetin välillä on magneettinen vuorovaikutus (etävuorovaikutus).
Kosketusvuorovaikutus on langan ja magneetin välillä.
Magneetin ja ilman välillä on kosketusvuorovaikutus.
- Gravitaatiovuorovaikutus (etävuorovaikutus): kääryt ja Maa.
Kosketusvuorovaikutus: lattia ja kääryt.
Kosketusvuorovaikutus: työntäjä ja kääry.
Kosketusvuorovaikutus: kääryt ja ilma.
- Gravitaatiovuorovaikutus (etävuorovaikutus): Maa ja pallo.
Sähköinen vuorovaikutus (etävuorovaikutus): pallot keskenään.
Kosketusvuorovaikutus: lanka ja pallo.
Kosketusvuorovaikutus: pallo ja ilma.

5-6.

$$m = 72 \text{ kg}, g_{\text{Maa}} = 9,81 \text{ m/s}^2, g_{\text{Mars}} = 3,71 \text{ m/s}^2$$

- Astronauttiin kohdistuvan painon suuruus Maassa on
 $G = mg_{\text{Maa}}$
 $= 72 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \approx 710 \text{ N}.$
- Astronauttiin kohdistuvan painon suuruus Marsissa on
 $G = mg_{\text{Mars}}$
 $= 72 \text{ kg} \cdot 3,71 \text{ m/s}^2 \approx 270 \text{ N}.$

5-7.

Kapula, jolla lapsi istuu, kohdistaa lapsen tukivoiman. Naru, josta lapsi pitää kiinni, kohdistaa lapsen kitkavoiman. Maa kohdistaa lapsen painon.

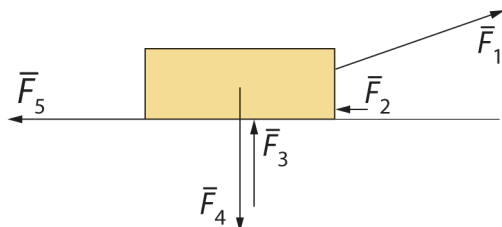
5-8.

Teräskuulaan kohdistuvat

- paino, joka liittyy kuulan ja Maan väliseen etävuorovaikutukseen
- tukivoima ja kitka, jotka liittyvät kuulan ja alustan väliseen kosketusvuorovaikutukseen
- magneettinen voima, joka liittyy kuulan ja kestopagneetin väliseen etävuorovaikutukseen
- ilmanvastus, joka liittyy kuulan ja ilman väliseen kosketusvuorovaikutukseen.

5-9.

- Kappale liikkuu oikealle.



Voimat ovat

$$\vec{F}_1 = \vec{F} \text{ vetävä voima,}$$

$$\vec{F}_2 = \vec{F}_i \text{ ilmanvastus}$$

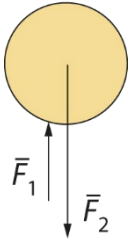
$$\vec{F}_3 = \vec{N} \text{ pinnan tukivoima}$$

$$\vec{F}_4 = \vec{G} \text{ Maan vetovoima eli kappaleeseen kohdistuva paino ja}$$

$$\vec{F}_5 = \vec{F}_\mu \text{ kitka.}$$

5 Voimat syntyvät vuorovaikutuksessa

b) Pallo putoaa.



Voimat ovat

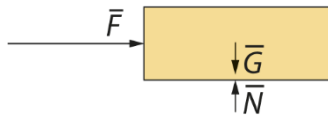
$\vec{F}_1 = \vec{F}_i$ ilmanvastus ja

$\vec{F}_2 = \vec{G}$ Maan vetovoima eli kappaleeseen kohdistuva paino.

5-10.

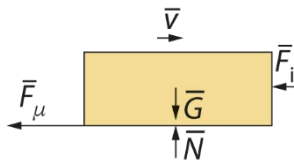
Kun maila osuu kiekkoon, kiekkoon kohdistuvat voimat ovat kiekkoon kohdistuva paino $\vec{G}$, jään tukivoima $\vec{N}$ ja mailan kosketusvoima $\vec{F}$.

Voimakuvio:



Kun kiekko liikkuu jäällä, siihen vaikuttavat voimat ovat paino $\vec{G}$, tukivoima $\vec{N}$, kitka $\vec{F}_\mu$ ja ilmanvastus $\vec{F}_i$.

Voimakuvio:



5-11.

- Kun Markus nojaa seinään, hän kohdistaa seinään voiman. Tämän voiman vastavoima on seinän Markukseen kohdistama voima, joka tukee Markusta. (Jos Markuksen seinään kohdistama voima on kohtisuorassa seinää vasten, vastavoima on sama kuin tukivoima.)
- Niina kohdistaa melalla voiman veteen. Vesi kohdistaa melaan vastavoiman, joka liikuttaa kajakkia.
- Antti kohdistaa jalallaan alustaan voiman. Kyseisen voiman vastavoima saa Antin ilmaan.
- Raketista purkautuvat palamiskaasut aiheuttavat alaspäin suuntautuvan voiman. Tämän voiman vastavoima työntää rakettia ylöspäin.

5-12.

- Voimat $\vec{F}_3$ ja $\vec{F}_4$ eivät ole voima ja vastavoima, koska ne vaikuttavat samaan kappaleeseen (lamppuun).
- Voiman $\vec{F}_2$ vastavoima on $\vec{F}_3$.
- Voima $\vec{F}_6$ on lamppuun kohdistuva paino eli voima, jolla Maa vetää lamppua. Sen vastavoima on siis voima, jolla lamppu vetää Maata. Vastavoiman suunta on Maan keskipisteestä kohti lamppua.

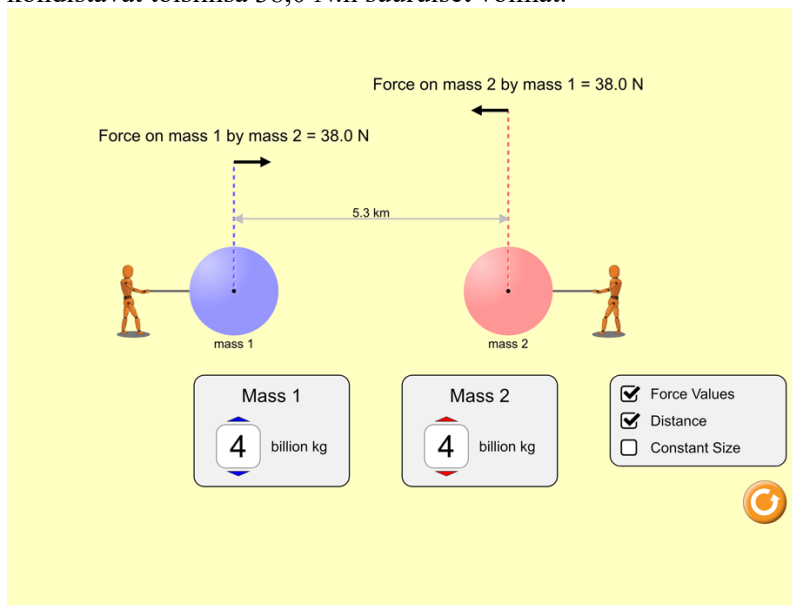
5 Voimat syntyvät vuorovaikutuksessa

5-13.

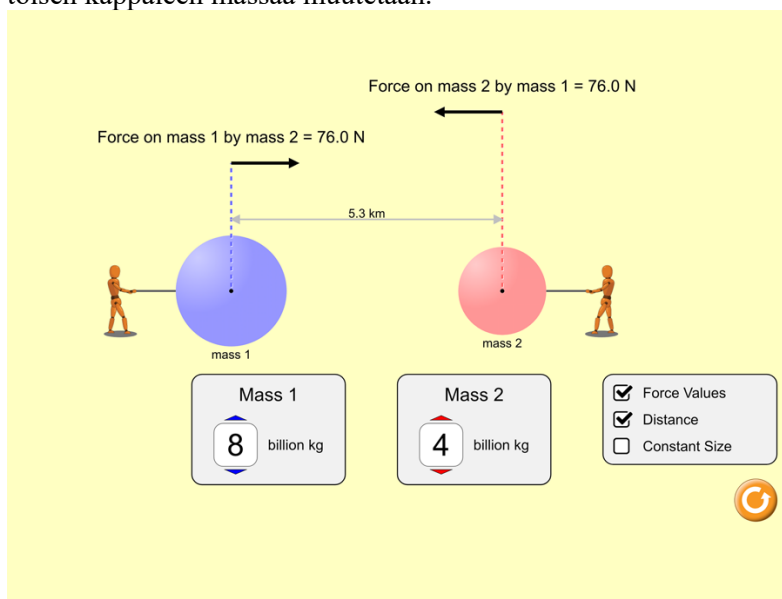
- Lukema on 150 N.
- Vaaka on paikallaan, joten Sannin vaakaaan kohdistaman vetävän voiman suuruus on 150 N. Vaa'an lukema on sama kuin kohdassa a, eli 150 N. Sanni tarjoaa yhtä suuren tukevan voiman vaa'alle, jonka ovenkahva tarjoaa kohdassa a.
- Koska siima kestää 200 N vetävän voiman, siima kestää vedon 150 N voimalla.

5-14.

- Kun kummankin kappaleen massa on $4 \cdot 10^9$ kg ja kappaleiden välinen etäisyys 5,3 km, kappaleet kohdistavat toisiinsa 38,0 N:n suuruiset voimat.



- Kun vasemmanpuoleisen kappaleen massa kaksinkertaistetaan, kappaleiden toisiinsa kohdistaman voiman suuruus kaksinkertaistuu ($2 \cdot 38,0 \text{ N} = 76,0 \text{ N}$). Huomaa, että Newtonin III lain mukaan kappaleiden toisiinsa kohdistamien voimien suuruudet ovat keskenään yhtä suuret, vaikka vain toisen kappaleen massaa muutetaan.



5 Voimat syntyvät vuorovaikutuksessa

- c) Kun kappaleiden massoja ja kappaleiden välisiä etäisyyksiä vaihdellaan, havaitaan, että kappaleiden toisiinsa kohdistamien voimien suuruudet ovat keskenään aina yhtä suuret. Voiman suuruus kasvaa, kun jommankumman tai molempien kappaleiden massoja kasvatetaan. Voiman suuruus pienenee, kun kappaleiden välistä etäisyyttä kasvatetaan.

5-15.

$$\gamma = 6,67384 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}, M_{\text{Maa}} = 5,974 \cdot 10^{24} \text{ kg}, R_{\text{Maa}} = 6378 \text{ km}, \\ M_{\text{Jupiter}} = 1,899 \cdot 10^{27} \text{ kg}, R_{\text{Jupiter}} = 71\,398 \text{ km}$$

Taivaankappaleiden säteet ovat ekvaattorisäteitä.

- a) Putoamiskiihtyvyys Maassa ekvaattorilla on yhtälön esittämän mallin mukaan

$$g = \frac{\gamma M}{R^2} = \frac{6,67384 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2} \cdot 5,974 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{(6378 \cdot 10^3 \text{ m})^2} \approx 9,80 \text{ m/s}^2.$$

Maan pyörimisliikkeestä johtuen kiihtyvyys on todellisuudessa hieman pienempi.

- b) Putoamiskiihtyvyys Jupiterissa ekvaattorilla on mallin mukaan

$$g = \frac{\gamma M}{R^2} = \frac{6,67384 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2} \cdot 1,899 \cdot 10^{27} \text{ kg}}{(71398 \cdot 10^3 \text{ m})^2} \approx 24,9 \text{ m/s}^2.$$

Jupiterin pyörimisliikkeestä johtuen kiihtyvyys on todellisuudessa hieman pienempi.

5-16.

Keskipakoisvoima ei ole oikea voima eli se ei synny vuorovaikutuksessa kahden kappaleen välillä. Keskipakoisvoimalla ei ole vastavoimaa. Vaikutelma keskipakoisvoimasta syntyy, kun kappale on kaarevalla radalla. Vaikutelma on seurausta massan hitaudesta eli massallisen kappaleen taipumuksesta jatkaa liikettä suoraviivaisesti ja sillä vauhdilla, mikä kappaleella kullakin hetkellä on (Newtonin I laki).

Kun pyörität esimerkiksi moukaria vartalosi ympäri, syntyy vaikutelma voimasta, joka vetää moukaria ulospäin, irti kädestäsi. Kun moukaria pyöritetään, ainoat vaakatasossa moukariin kohdistuvat voimat ovat ilmanvastus ja vaijerin jännitysvoima. Vaijerin jännitysvoima pitää moukarin ympyräradalla. Ilman jännitysvoimaa moukari jatkaisi liikettä suoraviivaisesti pyörimisradan tangentin suuntaisesti.

5-17.

Jos molempien toimistotuolien pyörät pääsevät pyörimään vapaasti, on mahdotonta saada toinen työntämällä liikkeelle ilman, että itse liikkuu vastakkaiseen suuntaan. Ilmiö perustuu Newtonin III lakiin. Kun henkilö A kohdistaa henkilön B työntävän voiman, henkilö B kohdistaa henkilön A yhtä suuren vastakkaissuuntaisen vastavoiman. Kun voimat ovat tarpeeksi suuret, toimistotuolit kuormineen nytkähtävät liikkeelle vastakkaisiin suuntiin.