

4. Voima vuorovaikutuksen mittana

Harjoittele

Tehtävä 4.1.

Väittämistä ovat oikein a), e), f) ja h).

Korjaukset vääriin väittämiin:

- b) Kenttä on alue, jossa vuorovaikutus ilmenee.
- c) Kosketusvoimat aiheutuvat sähkömagneettisesta vuorovaikutuksesta, joka aiheuttaa myös etävoimia.
- d) Voiman yksikkö on 1 N.
- g) Ilmanvastuksen suunta on nopeuden suuntaa vastaan.

Tehtävä 4.2.

- a) Ilmassa putoava pallo vuorovaikuttaa maapallon ja ilman kanssa. Maapallon ja putoavan pallon välillä on vuorovaikutus, vaikka ne eivät kosketa toisiaan. Vuorovaikutus aiheuttaa palloon vaikuttavan painon. Pallon liikkuesssa ilmassa pallo vuorovaikuttaa ilman molekyylien kanssa. Tästä vuorovaikutuksesta aiheutuu ilmanvastus.
- b) Vesilasissa oleva jääpala vuorovaikuttaa maapallon sekä vesilasissa olevan nestemäisen veden kanssa. Lisäksi vedenpinnan yläpuolella oleva osa jääpalasta vuorovaikuttaa ilman kanssa. Jääpalan ja maapallon välinen vuorovaikutus aiheuttaa jääpalan painon. Nestemäisen veden ja jääpalan vuorovaikutus aikaansaa veden nostavan voiman eli nosteen.

Tehtävä 4.3.

- a) Kitka on kappaleen ja pinnan välillä vaikuttava pinnan suuntainen voima. Kitka estää tai vastustaa pintojen välistä liikettä.

- b) Väliaineen vastus on voima, joka vastustaa kappaleen liikettä väliaineessa. Sen suunta on aina vastakkainen liikkeen suuntaan nähden. Väliaineen vastus syntyy vuorovaikutuksesta kappaleen ja väliaineen välillä. Väliaineessa etenevä kappale joutuu työntämään väliainetta pois tieltään edetessään.

Tehtävä 4.4.

- a) Paine suuntautuu aina kohti Maan keskipistettä.
- b) Pinnan tukivoima on aina kohtisuorassa pintaa vastaan.
- c) Ilmanvastus on aina vastakkaisuuntainen liikkeen suuntaan nähden.

Tehtävä 4.5.

- a) Pöydällä olevaan kirjaan vaikuttavat painovoima sekä pöydän tukivoima.
- b) Putoavaan paperiarkkiin vaikuttavat painovoima ja ilmanvastus.

Tehtävä 4.6.

- a) Vedessä etenemistä hidastaa väliaineen vastus. Vedessä väliaineen vastus on merkittävästi suurempi kuin ilmassa vaikuttava vastaava voima eli ilmanvastus.
- b) Hernepussin liikkeen pysäyttää lattian tukivoima.
- c) Liikettä voivat hidastaa kitka ja ilmanvastus, mutta ylämäessä lisäksi painovoimalla on suuri vaikutus liikkeen hidastumiseen.

Tehtävä 4.7.

- a) Vektorisuureilla on suuruuden lisäksi myös suunta. Esimerkiksi, jos lasketaan kahden voiman yhteisvaikutusta, pitää tietää voimien suunnat. Jos voimat ovat samaan suuntaan, niiden yhteisvaikutuksena syntyy suurempi voima. Jos voimat ovat vastakkaissuuntaiset, ne kumoavat toisensa ainakin osittain, ja yhteisvaikutuksena syntyy pienempi voima.
- b) Skalaarisuureella ei ole suuntaa, jolloin sitä voidaan kuvata vain lukuarvolla ja yksiköllä. Skalaarisuureita ovat esimerkiksi lämpötila ja energia.

Tehtävä 4.8.

a) Mehutölkin massa $m = 1,0 \text{ kg}$

Putoamiskiihtyvyys $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Kappaleeseen vaikuttavan painovoiman suuruus eli

paino on $G = mg = 1,0 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 9,81 \text{ N} \approx 9,8 \text{ N}$.

b) Mehutölkkiin vaikuttaa myös pöydän pinnan tukivoima.

c) Painon aiheuttaa gravitaatiovuorovaikutus. Pöytä on kiinteää materiaalia pöydän atomien välisten sidosten vuoksi, joten tukivoiman aiheuttaa sähkömagneettinen perusvuorovaikutus.

Tehtävä 4.9.

a) Kuulan massa $m = 7,26 \text{ kg}$

Putoamiskiihtyvyys $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Kuulan paino on

$$G = mg = 7,26 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 71,2206 \text{ N} \approx 71,2 \text{ N}.$$

b) Ilmalennon aikana kuulaan vaikuttavat voimat ovat paino ja ilmanvastus. Painon suunta alaspäin kohti Maan keskipistettä ja ilmanvastuksen suunta on kuulan liikesuunnalle vastakkainen.

Sovella

Tehtävä 4.10.

- a) Laatikko liikkuu vakionopeudella, kun sitä vedetään 12 N:n voimalla.
- b) Laatikon pystyy nostamaan voimalla, jonka suuruus on vähintään $F = 40 \text{ N}$.

Laatikon massaksi saadaan

$$F = G$$

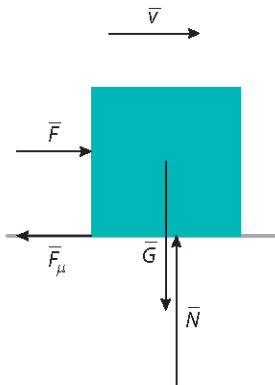
$$F = mg$$

$$m = \frac{G}{g} = \frac{40 \text{ N}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 4,07747 \text{ kg} \approx 4,1 \text{ kg}.$$

- c) Vetävän voiman lisäksi laatikkoon vaikuttavat painovoima, pinnan tukivoima sekä kitka.

Tehtävä 4.11.

a) Laatikoon vaikuttavat voimat:



\vec{G} = laatikon paino

\vec{N} = maanpinnan tukivoima

\vec{F} = työntävä voima

\vec{F}_μ = laatikon ja alustan välinen kitka

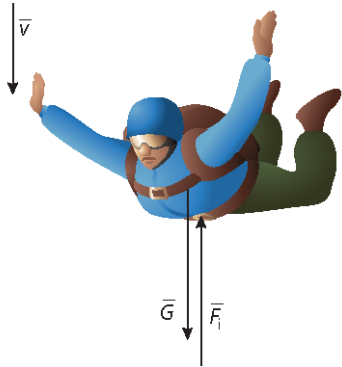
b) Laatikko on kiihtyvässä liikkeessä, jos voimien summa ei ole nolla.

Esimerkkejä sellaisista tilanteista:

- Liukkaalla alustalla kitka pienenee tai häviää. Silloin laatikko alkaa kiihtyä oikealle.
- Jos laatikon työntämiseen käytettyä voimaa kasvatetaan, laatikko alkaa kiihtyä oikealle.
- Jos laatikon työntäminen lopetetaan, työntävä voima menee nolaksi, ja laatikon liike alkaa hidastua. Silloin kiihtyvyys on negatiivinen.
- Jos laatikko työnnetään ”jyrkänteen reunan yli”, jolloin laatikon alla ei ole alustaa, tukivoima häviää. Tällöin laatikko päätyy kiihtyvään putoamisliikkeeseen.

Tehtävä 4.12.

- a) Hyppääjään vaikuttavat paino ja ilmanvastus.
- b) Koska hyppääjä on tasaisessa liikkeessä, voimavektorit ovat yhtä pitkät.



\vec{G} = laskuvarjohyppääjän paino

\vec{F}_i = ilmanvastus

c) Laskuvarjohyppääjän massa $m = 93 \text{ kg}$

Laskuvarjohyppääjän paino on

$$G = mg = 93 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 912,33 \text{ N} \approx 910 \text{ N}.$$

Laskuvarjohyppääjä laskeutuu tasaisella nopeudella, joten

ilmanvastus on yhtä suuri kuin laskuvarjohyppääjän paino, eli

$$F = G = 912,33 \text{ N} \approx 910 \text{ N}$$

Laskuvarjohyppääjään vaikuttaa 910 N ilmanvastus.

Tehtävä 4.13.

- a) Lentoratansa ylimmässä kohdassa pallo on hetkellisesti paikoillaan, joten siihen ei vaikuta lainkaan ilmanvastusta. Palloon vaikuttaa ainoastaan paino, jonka suunta on alaspäin kohti Maan keskipistettä.

- b) Palloon vaikuttavat voimat ovat pallon paino ja maanpinnan tukivoima. Painon suunta on alaspäin kohti Maan keskipistettä, ja pinnan tukivoima on kohtisuorassa pintaa vastaan. Tukivoima voi olla osumishetkellä merkittävästi painovoimaa suurempi.

Tehtävä 4.14.

- a) Kappaleen paino pysyy samana, vaikka nopeus muuttuu.
- b) Ilmanvastus kasvaa, kun kappaleen nopeus kasvaa.

Tehtävä 4.15.

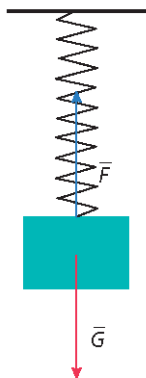
- a) Kun auto on paikoillaan, autoon vaikuttavien voimien summa on nolla. Kun auto on paikoillaan, autoon vaikuttaa auton paino ja maanpinnan tukivoima.
- b) Paino on voima, joten sen yksikkö on newton. Oikein: Koirani massa on 13,2 kg.
- c) Kitka on kahden kappaleen pintojen välillä oleva voima, joka vastustaa liikettä. Ilmanvastus on voima, joka vastustaa ilmassa lentävän lentokoneen liikettä.

Tehtävä 4.16.

a)

Punnus massa m (g)	Jousen pituus l (cm)	Jousen Venymä x (cm)
0	11,8	0
50	13,9	2,1
100	16,0	4,2
150	18,2	6,4
200	20,1	8,3
300	23,8	12,0

b)



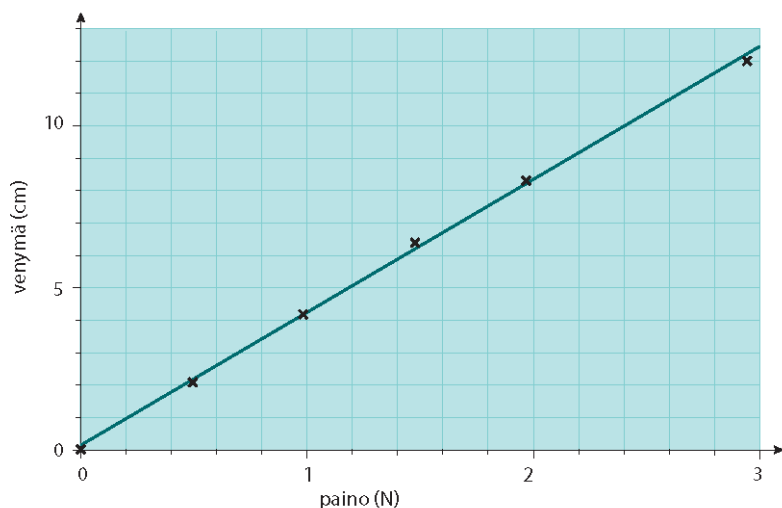
\bar{G} = punnuksen paino

\bar{F} = jousen jousivoima

c) Lasketaan uusi paino G -sarake

Punnus massa m (g)	Paino G (N)	Jousen pituus l (cm)	Jousen Venymä x (cm)
0	0	11,8	0
50	0,4905	13,9	2,1
100	0,981	16,0	4,2
150	1,4715	18,2	6,4
200	1,962	20,1	8,3
300	2,943	23,8	12,0

Tehdään (G, x) -koordinaatiston kuvaaja.



Koska (G, x) -koordinaatiston kuvaajana on nouseva suora, suureiden välillä on lineaarinen riippuvuus. Koska suora kulkee origon kautta, suureet ovat suoraan verrannolliset.

d) Kun palikkaa vedetään vaakasuoraan vakionopeudella, toimii jousi voima-anturina. Määritetään kuvaajasta interpoloimalla jousen venymä, kun jousessa vaikuttava voima on 2,2 N.

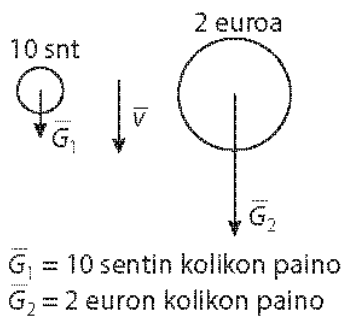
Kun $F = 2,2 \text{ N}$, jousen venymä palikkaa vedettäessä on $x = 9,155 \text{ cm} \approx 9,2 \text{ cm}$.

Tehtävä 4.17.

a) Kolikoihin vaikuttavia voimia ovat niiden oma paino sekä ilmanvastus.

2 euron kolikon paino on selvästi suurempi kuin 10 sentin kolikon paino, sillä 2 euron kolikon massa on suurempi kuin 10 sentin kolikon massa.

Jos kolikoiden nopeudet ovat melko pieniä, ilmanvastus voidaan jättää huomioimatta.



b) Koska kolikot pudotetaan matalalta, ilmanvastuksella ei ole merkitystä. Kolikot pudotetaan samalta korkeudelta ja putoamiskiiktyvyys on sama kaikille vapaasti putoaville kappaleille, joten kolikot osuvat yhtä aikaa lattiaan.

c) Kun kolikot pudotetaan 100 metrin korkeudelta, ilmanvastuksen vaikutus on merkittävä. Aluksi kolikkojen nopeudet kasvavat lähes yhtä nopeasti. Ilmanvastus kasvaa, kun kolikon nopeus kasvaa. Kevyeen kolikkoon kohdistuva ilmanvastus on pian yhtä suuri kuin kevyen kolikon paino. Silloin kevyen kolikon nopeus ei enää kasva. Samanaikaisesti raskaampi kolikko vielä kiihtyy, joten sen nopeus kasvaa suuremmaksi, jolloin se osuu ensimmäisenä maahan.

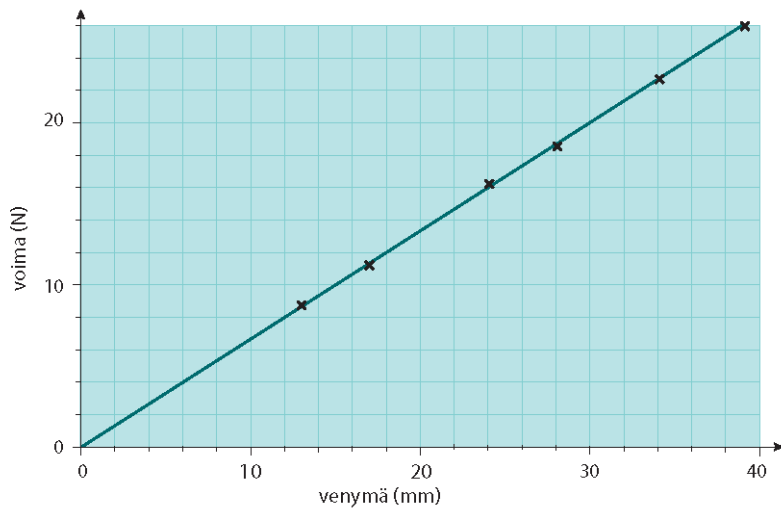
Syvennä

Tehtävä 4.18.

- a) Atomien välisen voiman aiheuttaa sähkömagneettinen perusvuorovaikutus.
- b) Natriumkloridikiteessä klooriatomi saa negatiivisen kokonaisvarauksen, koska se vetää puoleensa ylimääräisiä elektroneja natriumatomilta. Samalla natriumatomi saa positiivisen kokonaisvarauksen. klooriatomista tulee kloridi-ioni, ja natriumatomista tulee natriumioni. Sähkömagneettisen vuorovaikutuksen takia negatiivisesti ja positiivisesti varautuneet hiukkaset vetävät toisia puoleensa.
- c) Sekä natrium- että kloridi-ionilla on elektroniverho ytimensä ympärillä. Kun nämä ionit tuodaan hyvin lähelle toisiaan, niiden elektroniverhot alkavat hylkiä toisiaan.
- d) Kun atomi on tasapainoasemansa kohdalla, siihen vaikuttava kokonaisvoima on nolla.
- e) Kun kiteeseen kohdistuu isku, sen atomitasot voivat liikkua toisiinsa nähden siten, että negatiiviset kloridi-ionit joutuvat lähekkäin toisiaan. Samalla kaksi positiivista natrium-iona päätyy lähinaapureikseen. Sähköinen poistovoima työntää atomitasoja erilleen, ja tämä aiheuttaa murtuman tai lohkeamisen.

Tehtävä 4.19.

a)



Pisteet:

- Kaikki mittauspisteet näkyvät kuvaajassa (1 p).
- Akselit on merkitty oikein (1 p) ja akselien yksiköt ovat näkyvissä (1 p).
- Mittauspisteisiin on sovitettu suora (1 p).
- Kuvaaja on riittävän suuri ja selkeä (1 p).

b) Koska mittaustuloksiin voidaan sovittaa suora (1 p), voiman ja venymän välillä on lineaarinen riippuvuus. Koska suora kulkee origon kautta (1 p), suureet ovat suoraan verrannolliset (1 p).

c) Kuvaajan avulla voidaan todeta, että voima-anturin lukema on 13,3 N, kun jousta venytetään 20 mm. (2 p)

d) Ripustettavan kalan massa $m = 2,3 \text{ kg}$

Kalan paino on

$$G = mg = 2,3 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 22,563 \text{ N} \approx 22,6 \text{ N}.$$

(kaava 1 p, sijoitus 1 p, tulos 1 p)

Kuvaajasta voidaan lukea, että kalan painoa vastaavan voiman aiheuttama venymä on $33,8 \text{ mm} \approx 34 \text{ mm}$. (2 p)