

VOIMA

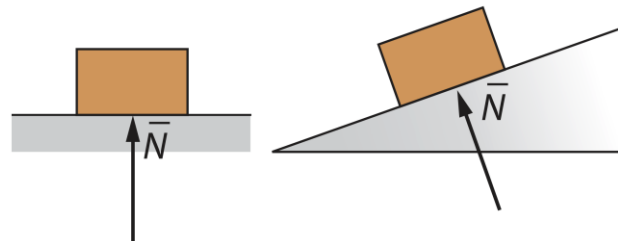
- 4. Vuorovaikutus ja voima
- 5. Newtonin I ja II laki
- 6. Voimien yhteisvaikutus
- 7. Kitka
- 8. Noste ja väliaineen vastus
- 9. Voiman momentti
- 10. Jäykän kappaleen tasapaino

VUOROVAIKUTUS JA VOIMA

- Voima kuvaa vuorovaikutuksen vaikutusta kappaleeseen.
- Voima liittyy aina kappaleiden väliseen vuorovaikutukseen.
 - Vuorovaikutukset voidaan jakaa kosketus- ja etävuorovaikutuksiin.

Tukivoima:

- Kun kappale on kosketuksessa toiseen kappaleeseen, toinen kappale kohdistaa siihen tukivoiman.
- Tukivoima on aina kohtisuorassa pintaa vasten.



Noste

- Nesteessä tai kaasussa kappaleeseen vaikuttava voima

Jännitysvoima

- Vaijerissa tai köydessä vaikuttava voima.

Kitka

- Kahden pinnan välinen liikettä vastustava voima.

Sähköinen voima

- Kahden sähköisesti varatun hiukkasen tai kappaleen välillä oleva voima

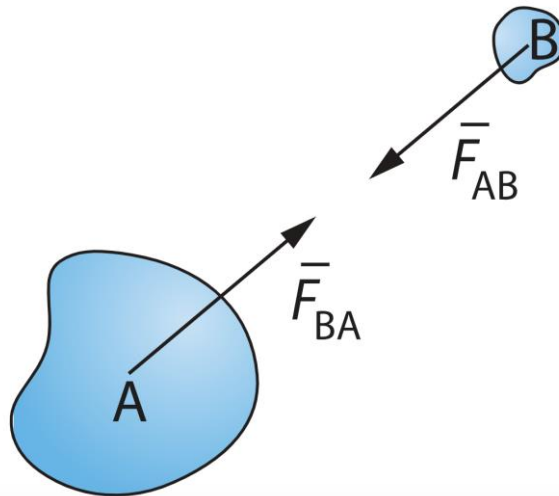
Painovoima →

VOIMA JA VASTAVOIMA

- Vuorovaikutukseen liittyy aina kaksi voimaa: voima ja vastavoima.
- Yksittäistä voimaa ei ole olemassa.

Newtonin III laki eli voiman ja vastavoiman laki

Kun kappale A vaikuttaa kappaleeseen B voimalla $\vec{F}_{AB}$, kappale B vaikuttaa kappaleeseen A yhtä suurella mutta vastakkaissuuntaisella voimalla $\vec{F}_{BA}$.

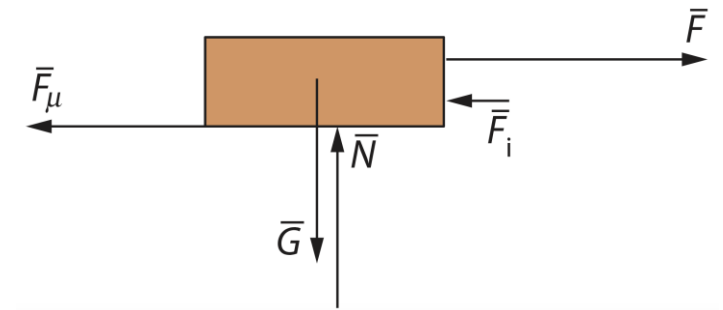


VOIMAKUVIO

- Voimakuvioilla kuvataan yhdelle kappaleelle sitä, kuinka voimat työntävät, tukevat, vetävät tai kuormittavat kappaleita.

Voimakuvion piirtäminen

1. Piirrä kuva tilanteesta.
2. Piirrä kaikki systeemiin kuuluvat kappaleet erilleen toisistaan.
3. Piirrä kaikki yksittäiseen kappaleeseen vaikuttavat voimat.
4. Koska voima on vektorisuure, piirrä voimat oikeassa suhteessa: vektorin pituus kuvaa voiman suuruutta, ja nuolen suunta kuvaa voiman suuntaa.
5. Sovi laskujen yhteydessä positiiviset suunnat. Usein kappaleen liikkeen suunta alkutilanteessa kannattaa valita positiiviseksi suunnaksi.
6. Merkitse kunkin kappaleen viereen sen nopeuden tai kiihtyvyyden suunta, jos se tiedetään tai voidaan helposti päätellä asiayhteydestä. Ratkaistaviksi tarkoitettujen suureiden suuntia ei tarvitse tietää ennakolta, sillä ne selviävät, kun tehtävä ratkaistaan.





Mitä eroa on massalla ja painolla?

- Massa kuvaa kappaleen hitautta (liikkeen muuttumisen vastustamista).
- Massa kuvaa kykyä aiheuttaa ja kokea gravitaatiovuorovaikutus.
- Paino on gravitaatiovuorovaikutuksen aiheuttama voima.
- Kappaleeseen kohdistuvan painon suuruus on $G = mg$.
- g on putoamiskiihtyvyys
 - Laskuissa käytetään arvoa $9,81 \text{ m/s}^2$.
 - Arvo vaihtelee maapallolla sijainnin mukaan.

5 NEWTONIN I JA II LAKI

Newtonin I laki eli jatkavuuden laki

Jos kappale ei ole vuorovaikutuksessa muiden kappaleiden kanssa, se pysyy paikallaan tai jatkaa liikettään suoraviivaisesti muuttumattomalla nopeudella.

- Jatkuvuuden lakia ei voi todeta luonnossa, sillä kaikki kappaleet ovat gravitaatiovuorovaikutuksessa Maan kanssa.
- Kappaleen nopeuden muuttamiseksi tarvitaan aina voima.
- Liikkeen muuttuminen riippuu voimien vektorisummasta $\sum \vec{F}$ eli kokonaisvoimasta.

Newtonin II laki eli dynamiikan peruslaki

- Kappaleen kiihtyvyys $\bar{a}$ on suoraan verrannollinen kappaleeseen vaikuttavaan kokonaisvoimaan $\Sigma \bar{F}$, ja kääntäen verrannollinen kappaleen massa m :

$$\bar{a} = \frac{\Sigma \bar{F}}{m}.$$

- Kiihtyvyyden suunta on sama kuin kokonaisvoiman suunta.

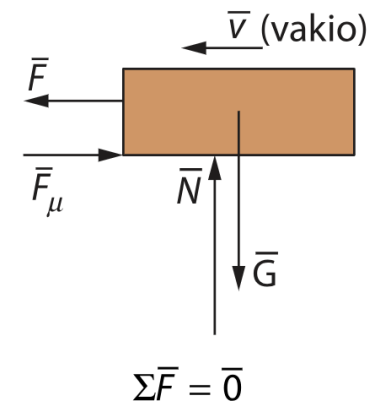
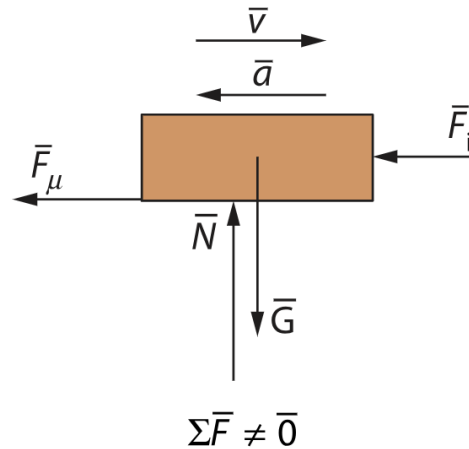
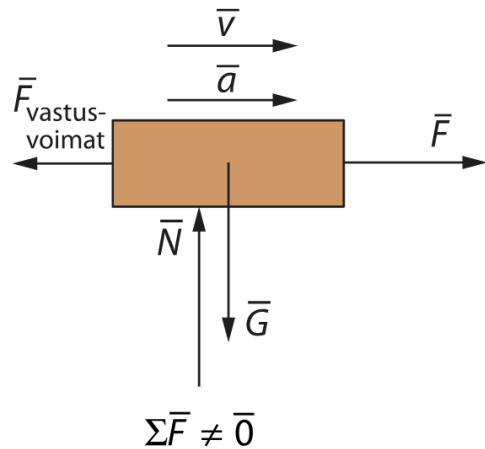
- Eli

$$\Sigma \bar{F} = ma$$

- Voiman yksikkö on N (newton).

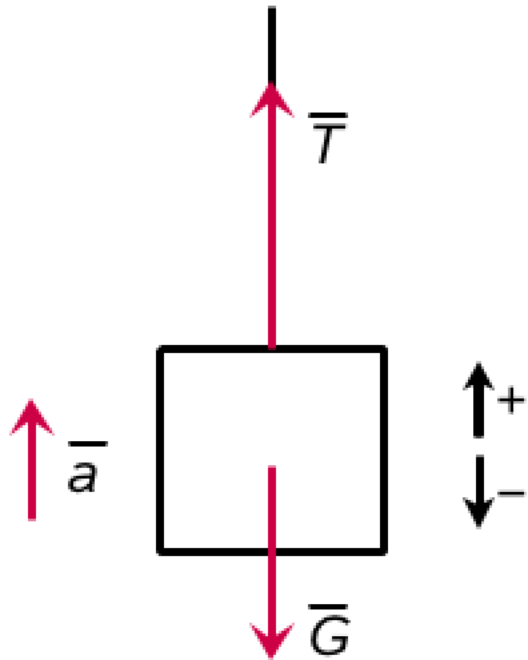
Kokonaisvoiman vaikutus kappaleen liikkeeseen:

- Jos kappaleeseen kohdistuva kokonaisvoima eroaa nolasta, kappale on Newtonin II lain mukaan kiihtyvässä liikkeessä.
- Jos kappaleeseen kohdistuva kokonaisvoima on nolla, on kappale levossa tai tasaisessa liikkeessä.



KAPPALEEN LIIKEYHTÄLÖ

- Kappaleen liikeyhtälö saadaan, kun dynamiikan peruslakia sovelletaan tiettyyn tilanteeseen.
- Esim. Laatikkoa nostetaan narulla ylöspäin



Laatikon liikeyhtälö:

$$\sum F = \bar{T} + \bar{G} = m\bar{a}$$

Yhtälöstä voidaan ratkaista tuntematon muuttamalla yhtälö skalaarimuotoon ottamalla huomioon suuntasopimus.



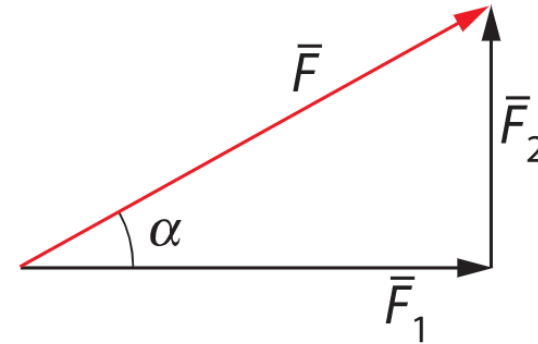
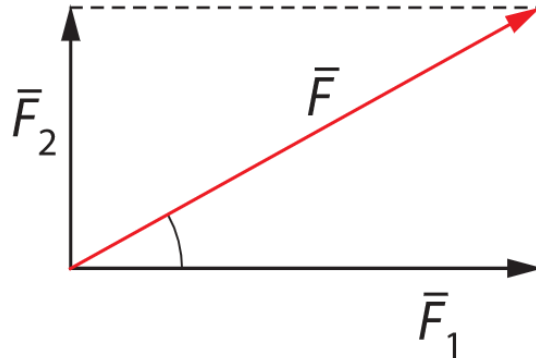
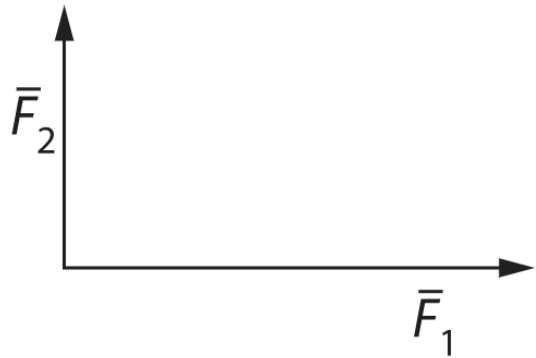
Esim. Kalastaja nostaa 11,5 kg painavan kalan tasaisesti , jotta siima ei katkeaisi. Mikä on siiman jännitysvoima?



Esim. Kuinka suurella voimalla hissin lattia tukee matkustajaa, jonka massa on 67 kg, kun hissi liikkuu kiihtyvyydellä $2,1 \text{ m/s}^2$ ylöspäin?

6. VOIMIEN YHTEISVAIKUTUS

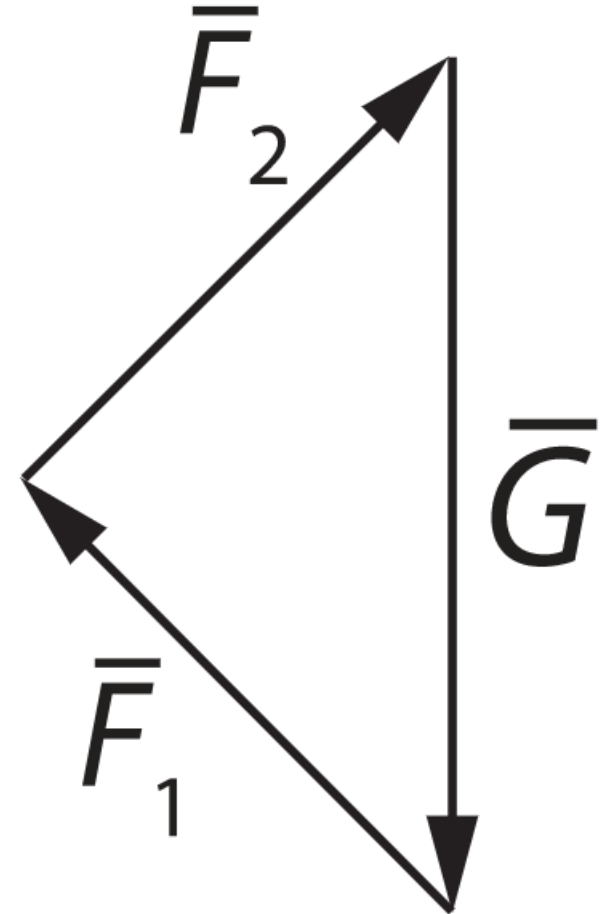
Voimien yhdistäminen:



- Voimien yhteisvaikutus = resultantti.
- Kappaleella on resultantin suuntainen kiihtyvyys.
- $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$
- Suuntakulma α saadaan yhtälöstä $\tan \alpha = \frac{F_2}{F_1}$

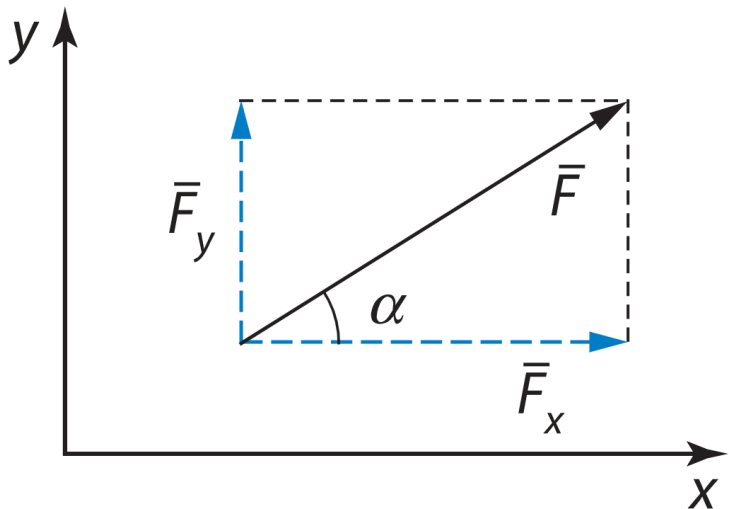
Tasapaino:

- Yhtälöä $\sum \vec{F} = \vec{0}$ sanotaan tasapainoehdoksi. Tasapaino vaatii myös sitä, että voimilla ei ole kappaleeseen vääntövaikutusta.
- Sovelletaan usein esim. riippuvissa kappaleissa
- Ratkaisussa käytetään monesti apuna sinilausetta (Maol s.24)



Voiman jakaminen komponentteihin:

- Voima jaetaan usein koordinaatiston suuntaisiin komponentteihin, kun tarkastellaan vinon voiman vaikutusta.
- Kaltevan tason tapauksessa voima jaetaan tason suuntaisiin ja sitä vastaan kohtisuoriin komponentteihin.



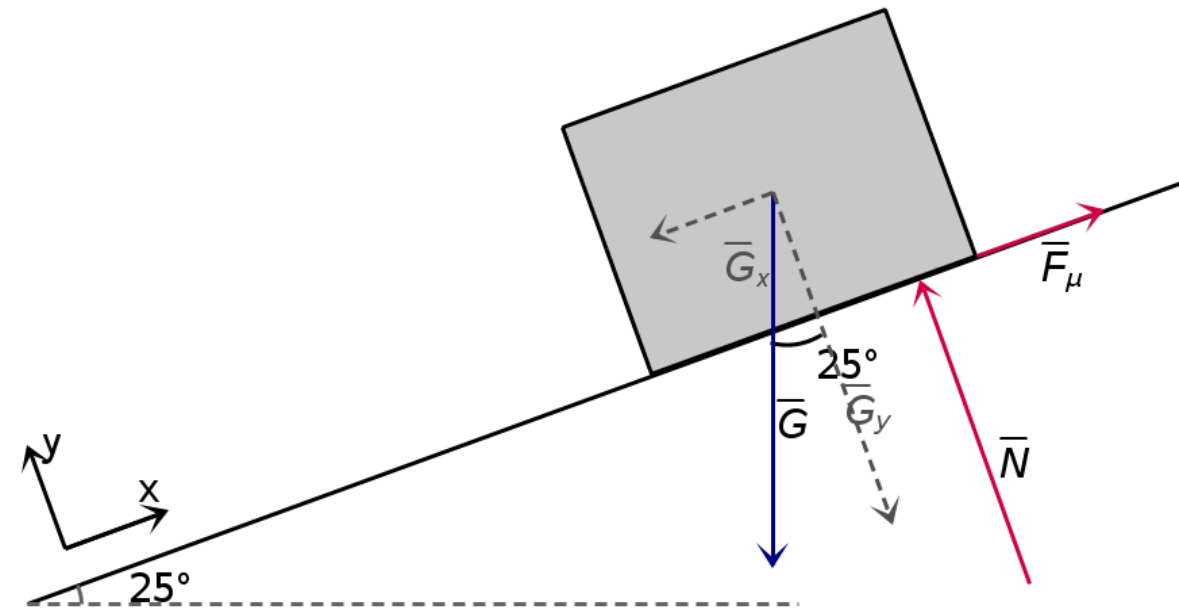
$$\cos \alpha = \frac{F_x}{F}, \text{ joten } F_x = F \cos \alpha.$$

$$\sin \alpha = \frac{F_y}{F}, \text{ joten } F_y = F \sin \alpha.$$

$$\tan \alpha = \frac{F_y}{F_x}$$

Esim. Laatikko on kallistetulla laminaattitasolla paikallaan. Tason kaltevuus vaakatasosta mitattuna on 25 astetta.

- a) Kuinka suurella voimalla laatikko painaa tasoa?
- b) Kuinka suuren kitkavoiman pitäisi vaikuttaa laatikkoon, että se ei liukuisi tasolla. Laatikon massa on 160g.





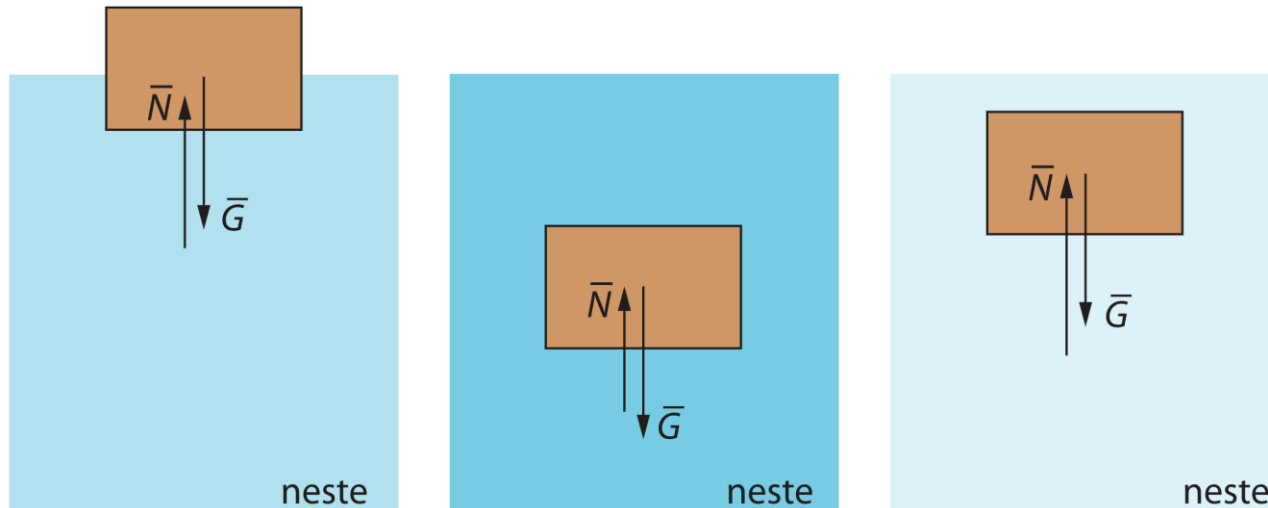
7.KITKA

8. NOSTE JA VÄLIAINEEN VASTUS

Arkhimedeen laki

Kappaleen ollessa väliaineessa, siihen kohdistuu noste, joka on yhtä suuri kuin kappaleen syrjäyttämän väliainemäärän paino

- Noste aiheutuu hydrostaattisen paineen erosta kappaleen ylä- ja alapinnoilla.



Nostvektorin kärki piirretään osoittamaan kappaleen väliaineessa olevan osan keskipisteeseen.



Kappaleeseen kohdistuvan nosteen suuruus on

$$N = \rho V g$$

V = kappaleen upoksissa olevan osan tilavuus

ρ = väliaineen tiheys

Kappaleeseen kohdistuvan nosteen suuruus ei riipu siitä mitä ainetta kappale on.

Esim. Oppitunnilla mitattiin metallikappaleen paino jousivaa'alla. Tulokseksi saatiin 5,3 N. Kun mittaus suoritettiin siten, että kappale oli upotettu kokonaisuudessaan veteen, jousivaaka näytti lukemaa 3,3 N.

- a) Kuinka suuri oli kappaleeseen vaikuttava noste?
- b) Mitä ainetta kappale oli?

- a) Noste on yhtä suuri kun vaa'an lukemien erotus ilmassa ja vedessä

$$N = F_i - F_v = 5,3N - 3,3N = 2,0N$$

- b) Kappaleen massa lasketaan ilmassa olevan painovoiman avulla:

$$G = mg \Rightarrow m = \frac{G}{g} = \frac{5,4N}{9,81 \frac{m}{s^2}} \approx 0,5403kg$$

Nosteen lauseke on $N = \rho_v V g$. Tilavuus voidaan lausua kappaleen massan ja tiheyden avulla

$$\rho_k = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\rho_k}$$

Sijoitetaan tilavuuden lauseke nosteen lausekkeeseen

$$N = \rho_v \frac{m}{\rho_k} g \Rightarrow \rho_k = \frac{\rho_v m g}{N} = \frac{1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,5403 kg \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}}{2,0 N} = 2650 \frac{kg}{m^3} \approx 2,7 \cdot 10^3 \frac{kg}{m^3}$$

Taulukkokirjan mukaan kappale on alumiinia.

9. VOIMAN MOMENTTI

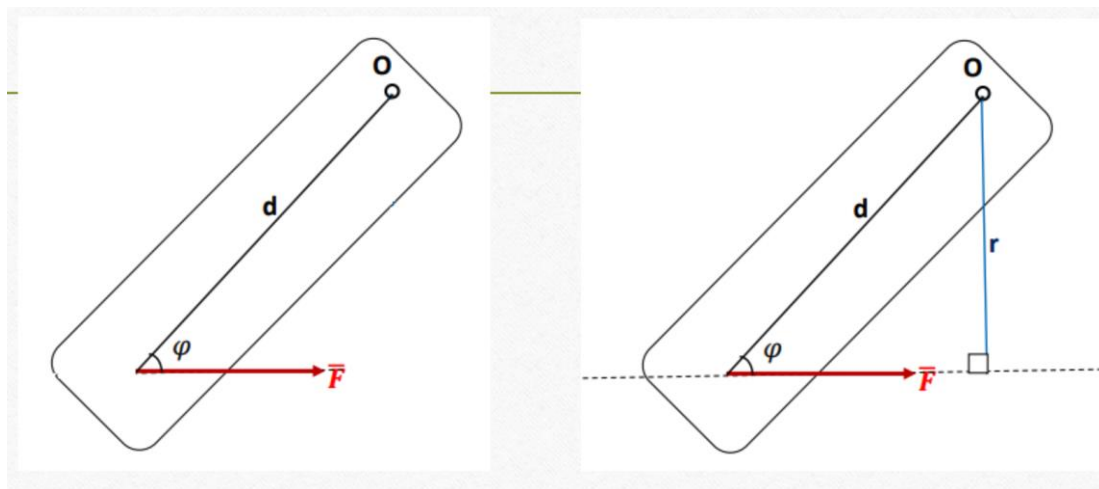
- Momentti kuvaa voiman vääntövaikutusta.
- Voiman F momentti kiertoakselin A suhteen on

$$M_A = Fr$$

- Momenttiin vaikuttavat
 - voiman suuruus
 - voiman etäisyys kiertoakselista (= voiman varsi)
→ mitä kauemmas voima voidaan kohdistaa, sitä pienempi voima tarvitaan
- Voiman momentin yksikkö on 1 Nm.

- Momentti on positiivinen tai negatiivinen riippuen siitä, kumpaan suuntaan se pyrkii kääntämään kappaletta.
 - kierto myötäpäivään on negatiivinen, vastapäivään positiivinen
 - suunnan saa valita myös toisin, mutta se on aina merkittävä näkyviin

Momenttia laskettaessa voiman varren on oltava voimaa kohden kohtisuorassa.



$$\sin \alpha = \frac{r}{d}$$
$$r = d \sin \alpha$$

10. JÄYKÄN KAPPALEEN TASAPAINO

Kappaleen painopiste

- Painopiste on kappaleeseen kohdistuvan painon ajateltu vaikutuspiste.
- Kappaleen painopiste on piste, jonka kautta kappaleeseen kohdistuvan painon vaikutussuora kulkee aina, olipa kappale missä asennossa tahansa.
- Jäykkään kappaleeseen kohdistuvan painon vaikutus voidaan kumota vastakkaissuuntaisella tukivoimalla, jonka vaikutussuora kulkee painopisteen kautta.

Jäykän kappaleen tasapaino

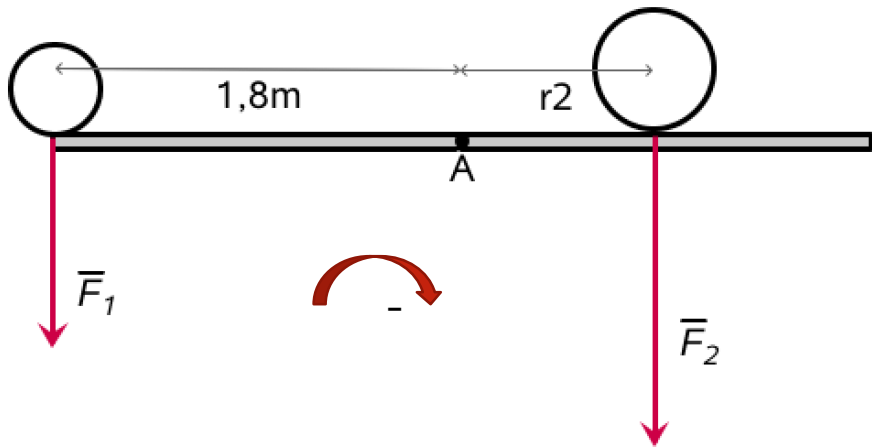
Jäykkä kappale on tasapainossa, jos kappaleella ei ole etenemisliikkeen eikä pyörimisliikkeen kiihtyvyyttä. Tasapainoehdot ovat seuraavat:

- kappaleeseen vaikuttavien voimien summa on nolla eli $\sum \vec{F} = \vec{0}$ (tasapaino etenemisen suhteen)
- kappaleeseen vaikuttavien voimien momenttien summa minkä tahansa akselin suhteen on nolla eli $\sum M = 0$ (tasapaino pyörimisen suhteen).

Statiikan tehtävän ratkaisun eteneminen

1. Piirrä kuva tarkasteltavasta tilanteesta ja merkitse kuvaan kaikki kappaleeseen vaikuttavat voimat. Jaa voimat tarvittaessa komponentteihin.
2. Kirjoita tasapainoehdot $\sum \bar{F} = \bar{0}$ ja $\sum M = 0$.
3. Valitse kiertoakseli siten, että sen kautta kulkee mahdollisimman monen voiman vaikutussuora. Tällöin momenttiehto saa mahdollisimman yksinkertaisen muodon.
4. Ratkaise tasapainoehdoista saaduista yhtälöistä kysytyt suureet. Jos jokin voimista tulee negatiiviseksi, kyseisen voiman suunta on päinvastainen kuin kuvaan piirtämäsi voimavektorin suunta.

Esim. Matti ja Maija keinuvat keinulaudalla, joka on tuettu keskeltä. Keinulaudan pituus on 3,6 m. Matin massa on 50 kg ja Maijan 34 kg. Mihin kohtaan Matin on asetuttava, jos Maija asettuu keinulaudan päähän ja keinulauta on tasapainossa?



$$F_1 = m_1 g \quad F_2 = m_2 g$$

Tasapainoehdosta:

$$\sum M_A = 0$$

$$F_1 r_1 - F_2 r_2 = 0$$

$$F_1 r_1 = F_2 r_2$$

$$r_2 = \frac{F_1 r_1}{F_2} = \frac{m_1 g r_1}{m_2 g} = \frac{m_1 r_1}{m_2} = \frac{34 \text{ kg} \cdot 1,8 \text{ m}}{50 \text{ kg}} = 1,2 \text{ m}$$

V: Matin on istuttava 1,2 metrin päähän keskipisteestä.