

FYSIIKKA

Mekaniikan perusteita pintakäsittelijöille

- Laskutehtävien ratkaiseminen
- Nopeus ja keskinopeus
- Kiihtyvyys ja painovoimakiihtyvyys
- Voima
- Kitka ja kitkavoima
- Työ
- Teho
- Paine

LASKUTEHTÄVIEN RATKAISU

- Fysiikassa tehtävien ratkaisu vaatii laskemista. Laskeminen on usein helpompaa kun noudattaa seuraavaa ratkaisutapaa:
 1. Mieti mitä kysytään ja merkitse se omalla tunnuksella. Esim. kun kysytään massaa merkitse se seuraavasti: $m=?$
 2. Katso tehtävästä mitä tiedetään ja merkitse ne omilla tunnuksilla. Esim. kun tiedetään voima ja kiihtyvyys merkitse ne seuraavasti: $F = 500 \text{ N}$ ja $a=5 \text{ m/s}^2$.
 3. Selvitä mitkä laskukaavat sopivat laskemiseen. Ne ovat sellaisia joissa esiintyy kysytty termi (m) ja tiedetyt termit (F ja a).

LASKUTEHTÄVIEN RATKAISU

4. Jos laskukaavoissa on tehtävä tekijän yhtälön muokkausta tee se. Jos tarvitaan eri laskukaavojen yhdistämistä, niin tee sekin.
5. Tee tarvittaessa laatumuunnokset (esim. m/s / km/h)
6. Sijoita arvot ja ratkaise tehtävä

NOPEUS JA KESKINOPEUS

■ Nopeus

- Nopeus on kuljettavan matkan suhde aikaan eli:

$$v = s / t$$

- missä

$$v = \text{nopeus} (m / s)$$

$$s = \text{matka} (m)$$

$$t = \text{aika} (s)$$

Keskinopeus

- Yleensä jonkin kappaleen, kuten auton nopeus ei ole tasaista vaan nopeus vaihtelee.

- Tällöin kuljettu matka jaettuna kulutetulla ajalla on keskinopeus v_k

NOPEUS JA KESKINOPEUS

- Nopeuden yksikkö on m/s. Hyvin usein kuitenkin käytetään yksikköä km/h. Laskutoimituksia varten yksiköjä joudutaan usein muuntamaan.

- Nopeuden yksiköjen muuntaminen:

Alkuperäinen	Muunnettu	Kerroin
m/s	km/h	3,6
km/h	m/s	0,2777

LASKUESIMERKKEJÄ

- Mikä on ollut juoksijan keskinopeus kun hän on juossut 100 metriä aikaan 12 s?

- Vastaus: $v_k = \frac{100m}{12s} = 8,33 \frac{m}{s}$

- Mikä on auton nopeus yksikössä m/s kun sen mittarilukema on 80 km/h?

- Vastaus:

$$v = 80 \frac{km}{h} \times 0,2777 \frac{\frac{m}{s}}{\frac{km}{h}} = 22,2 \frac{m}{s}$$

- Mikä on tuulen nopeus yksikössä km/h kun sen nopeus on 20 m/s?

- Vastaus:

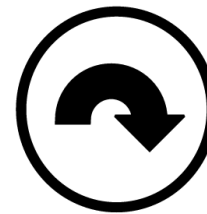
$$v = \frac{20m}{s} \times 3,6 \frac{\frac{km}{h}}{\frac{m}{s}} = 72 \frac{km}{h}$$

KEHÄNOPEUS

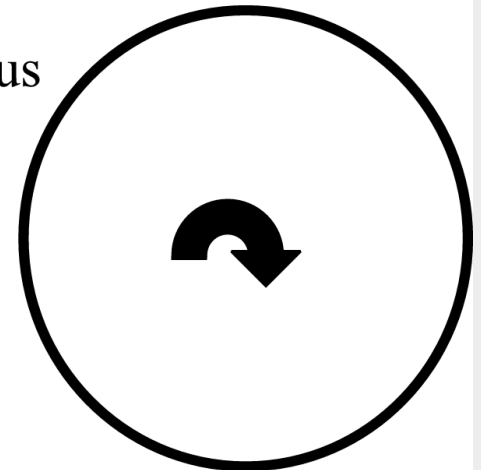
- Kun pyöreä kappale kuten auton rengas pyörii, on renkaalla kaksi pyörimisnopeutta.
- a) Kierroksia sekunnissa ($1/s$ tai r/s). Usein käytetään myös yksikköä rpm (kierrosta minuutissa = rounds per minute).
- b) Kehänopeus (m/s)

Kuva 1. Kehänopeus

Sama
kierrosnopeus
($1/s$ tai r/s)



Pieni
kehänopeus



Suuri
kehänopeus

KEHÄNOPEUS

- Ympyrän kehän pituus on:

$$l_{kehä} = \Pi \times D$$

- Kehänopeus on:

$$v_{kehä} = \Pi \times D \times \frac{1}{s}$$

Laskuesimerkki

- Auton pyörä pyörii nopeudella 5 r/s. Mikä on sen kehänopeus kun pyörän halkaisija on 50 cm?

- Vastaus:

$$v_{kehä} = \Pi \times 0,5m \times 4 \frac{1}{s} = 6,28 \frac{m}{s}$$

KIIHTYVYYS

- Kiihtyvyys on nopeuden muutos jaettuna kuluneella ajalla eli:

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t}$$

missä

a = kiihtyvyys (m/s^2)

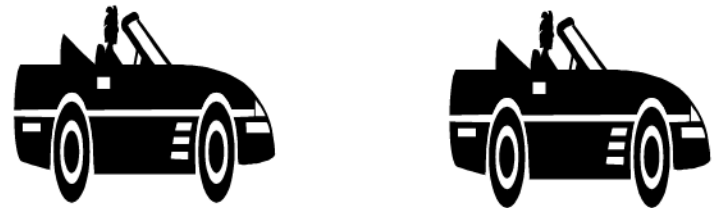
v_2 = loppunopeus (m/s)

v_1 = alkunopeus (m/s)

t = muutokseen kulunut aika

Kuva 2. Kiihtyvyys

Nopeus alussa (v_1) Nopeus lopussa (v_2)



Liikesuunta 

Matkaan kulunut aika (t)

KIIHTYVYYS

- Laskuesimerkki:
- Mikä on auton kiihtyvyys yksikössä m/s^2 , kun se kiihtyy 0-100 km/h ajassa 10 s?
- Ratkaisu:
 1. $a = ?$
 2. $v_1 = 0$
 $v_2 = 100 \text{ km/h}$
 $t = 10 \text{ s}$

$$3. \quad a = \frac{v_2 - v_1}{t}$$

4. Ei muutoksia kaavaan.

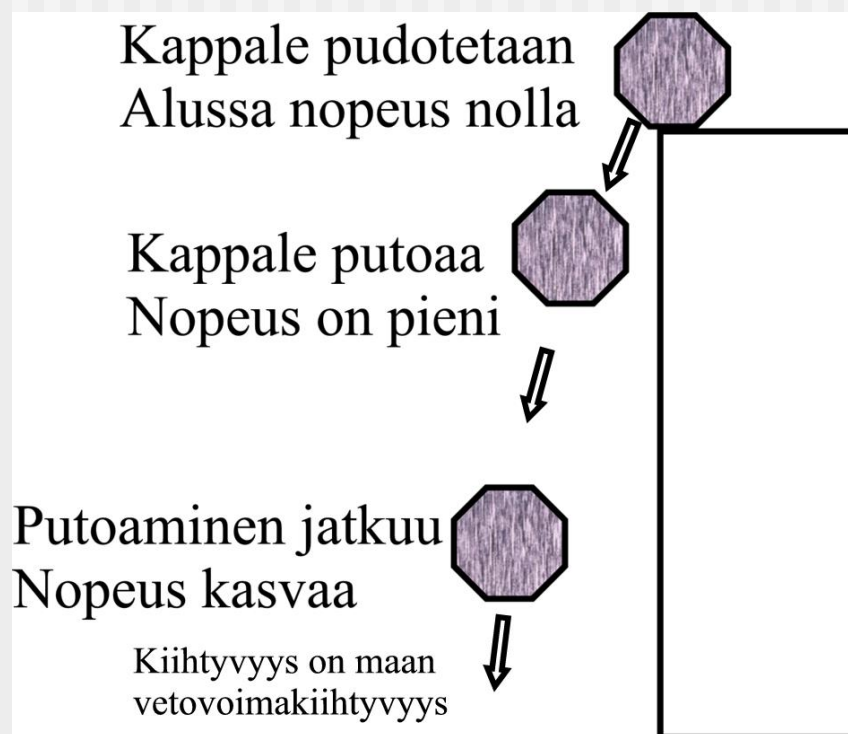
$$5. \quad 100 \text{ km/h} = 0,277 \frac{\text{m/s}}{\text{km/h}} = 27,7 \text{ m/s}$$

$$6. \quad a = \frac{27,7 \text{ m/s} - 0}{10 \text{ s}} = 2,77 \text{ m/s}^2$$

PUTOAMISKIIHTYVYYS

- Painovoiman ansiosta kappaleet putoavat alaspäin.
- Maapallolla painovoima eli gravitaatio aiheuttaa painovoimakiihtyvyyden, jonka arvo on $9,81 \text{ m/s}^2$.

Kuva 3. Putoamiskiihtyvyys



PUTOAMISKIIHTYVYYS

■ Laskuesimerkki:

■ Kivi pudotetaan alas tornista. Mikä on sen nopeus 3 s kuluttua?

■ Ratkaisu:

1. $v_2 = ?$

2. $t = 3\text{s}$

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

$$v_1 = 0$$

3.
$$g = \frac{v_2 - v_1}{t}$$

4. Koska $v_1 = 0$, voidaan se jättää pois kaavasta.

5. $v_2 = g \cdot t$

6.
$$v_2 = 9,81 \text{ m/s}^2 \times 3\text{s} = 29,4 \text{ m/s}$$

Tulos ei ota huomioon ilman vastusta.

VOIMA

- Voima on massa kerrottuna kiihtyvyydellä eli:

$$F = m \times a \quad ; \text{missä}$$

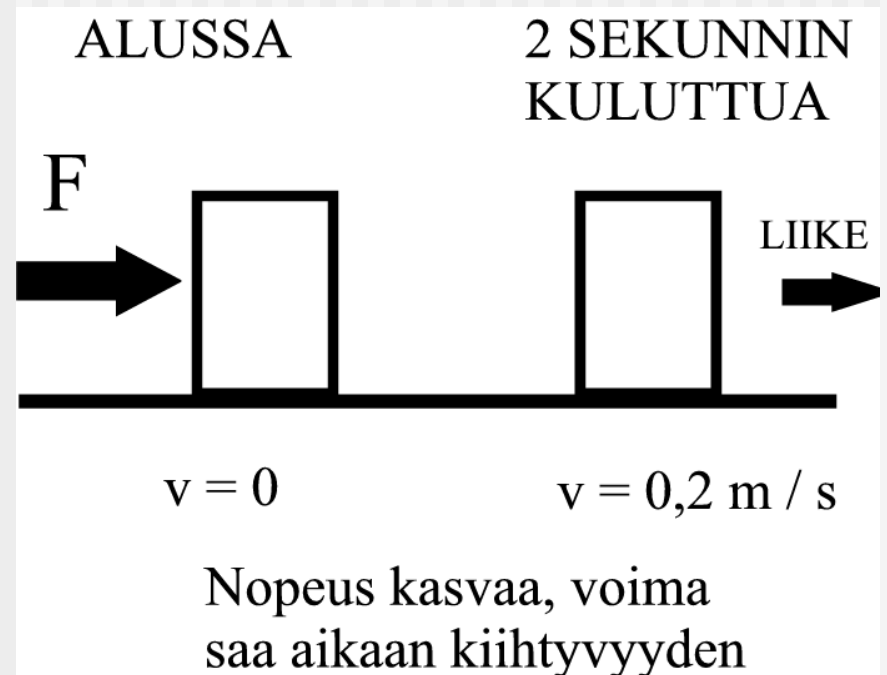
$F = \text{voima (kgm/s}^2 = \text{N)}$

$m = \text{massa (kg)}$

$a = \text{kiihtyvyys (m/s}^2 \text{)}$

- Voiman yksikkö on *Newton* (N)

Kuva 4. Voima saa aikaan kiihtyvyyden



VOIMA

- Laskuesimerkki
- Miten suuri voima tarvitaan kiihdyttämään 1500 kg:n massainen auto kiihtyvyydellä 6m/s^2 ?
- Ratkaisu:
 1. $F=?$
 2. $m=1500\text{ kg}$
 $a=6\text{m/s}^2$
 3. $F=m \cdot a$
 4. Ei kaavan muokkausta
 5. $F=1500\text{ kg} \cdot 6\text{ m/s}^2=9000\text{kgm/s}^2 = 9\text{ kN}$

VOIMA

- Laskuesimerkki:
 1. $F = ?$
 2. $v_1 = 15 \text{ km/h}$ ($= 4,165 \text{ m/s}$)
 $v_2 = 45 \text{ km/h}$ ($= 12,49 \text{ m/s}$)
 $t = 5 \text{ s}$
 $m = 150 \text{ kg}$
 3. $F = m \cdot a$; $a = (v_2 - v_1) / t$
 4. Kaavan sijoitus toiseen kaavaan:
 $F = m \cdot (v_2 - v_1) / t$
 5. $F = 150 \text{ kg} \cdot [(12,49 \text{ m/s} - 4,165 \text{ m/s}) / 5 \text{ s}] = 250 \text{ kgm/s}^2 = 250 \text{ N}$
- Mopo kiihtyy nopeudesta 15 km/h nopeuteen 45 km/h 5 sekunnissa. Mopon ja kuljettajan massa on yhteensä 150 kg. Miten suuri voima kiihdytykseen tarvitaan?
- Ratkaisu:

VOIMA

- Laskuesimerkki:
- Auton moottori kykenee tuottamaan 4000 N voimalla 6 m/s² kiihtyvyyden. mikä on auton massa?

- Ratkaisu:

1. $m = ?$
2. $F = 4000 \text{ N}$
 $a = 6 \text{ m/s}^2$

$$3. F = m \cdot a$$

$$4. m = F / a$$

$$5. m = \frac{4000 \text{ N}}{6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \frac{4000 \frac{\text{kgm}}{\text{s}^2}}{6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 667 \text{ kg}$$

KITKA

- Kitka on liikettä vastustava voima jonka aiheuttajana on pintojen kosketus toisiinsa. Kitkan suuruuteen vaikuttaa ainoastaan pintojen laatu.
- Kitkaa on kahdenlaista; lepokitkaa ja liikekitkaa. Lepokitka on liikekitkaa suurempaa mikä huomataan mm. työnnettäessä jokin kappale liikkeelle.

Kun kappale on saatu liikkeelle liikkuu se hieman helpommin kuin työnnon alussa.

Kitkasta voi olla hyötyä tai haittaa. Suurta kitkaa kaivataan mm. auton renkaiden ja kenkien pidossa. Pientä kitkaa taas mm. liukupinnoissa ja laakereissa.

KITKA

- Sekä lepokitkalla että liikekitkalla on pintojen laadusta riippuva kitkakerroin.

- Muutamia kitkakertoimia:

Materiaalit	Lepokitkakerroin	Liikekitkakerroin
Teräs-Teräs	0,58	0,42
Jää-Jää	0,05	0,02
Teflon-teräs	0,04	0,04
Puu-Puu	0,7	0,4
Jarrukenkä-Jarrurumpu		1,2

- Kitka aiheuttaa toisiaan vasten liikkuvien pintojen kuumenemista. Tällöin liike-energia muuttuu lämpöenergiaksi. Esimerkiksi kun auto jarruttaa, muuttuu auton liike-energia jarruosissa lämpöenergiaksi.
- Myös nesteiden ja kaasujen liikkeessä esiintyy kitkaa. Nopeasti virtaava neste tai ilma lämpenee. Esimerkkeinä voi mainita suurpaineruiskussa maalin kuumeneminen kun sitä kierrätetään ja suihkupuhdistamossa kiertävän imuilman kuumeneminen.

KITKAVOIMA

- Kitkakerroin on kitkavoima jaettuna normaalivoimalla, eli

$$\mu = F_u / F_n, \text{ missä}$$

$$\mu = \textit{kitkakerroin}$$

$$F_n = \textit{normaalivoima} \text{ (N)}$$

$$F_u = \textit{kitkavoima} \text{ (N)}$$

Normaalivoima on kappaleen massa kerrottuna maan vetovoimakiihtyvyydellä. Tätä kautta kappaleen massa vaikuttaa kitkavoimaan.

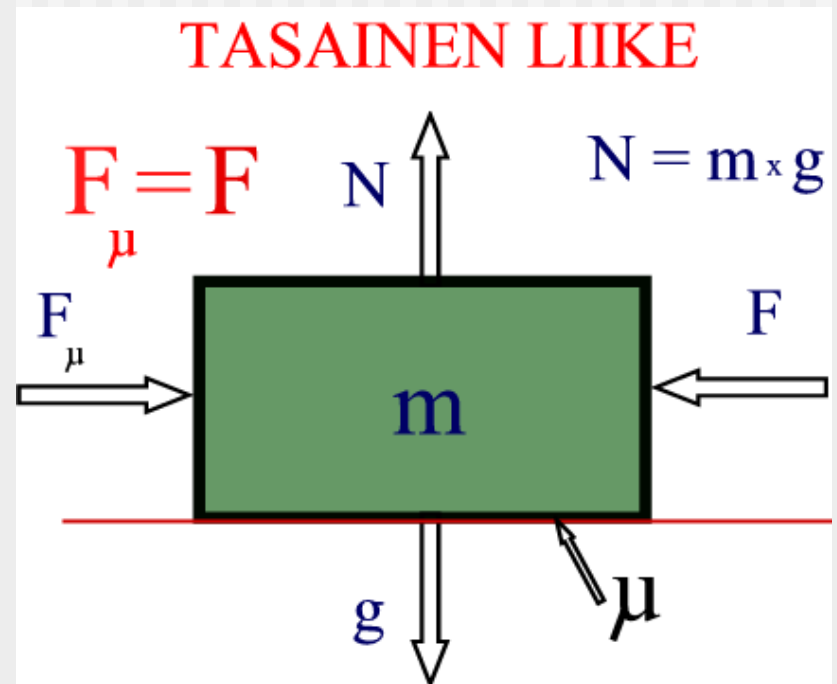
$$F_n = m \times g$$

Normaalivoima on Newtonin 3. lain mukaan vastakkaissuuntainen kuin $m \cdot g$. Tämä ei vaikuta kuitenkaan laskutuloksiin, joten yllä olevaa laskukaavaa voidaan käyttää.

KITKAVOIMA

- Kun kappaletta liikutetaan niin, että sen pinta koskee alustaan, aiheuttaa kappaleen ja alustan kosketus toisiinsa kitkaa.
- Jos kappaleen nopeus pysyy samana ovat työntävä voima (F) ja kitkan aiheuttama liikettä vastustava voima (F_u) saman suuruisia.

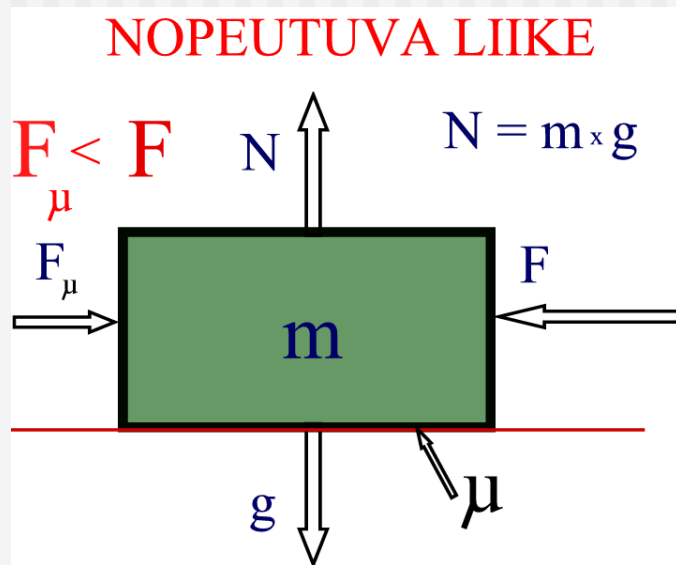
Kuva 5. Tasainen liike



KITKAVOIMA

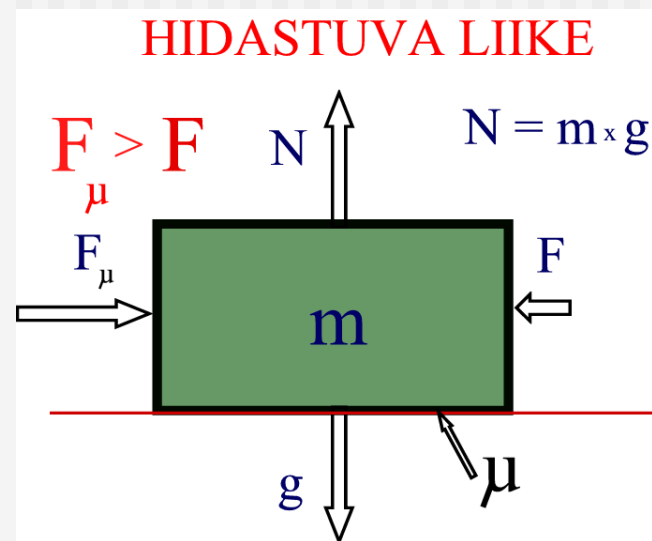
- Jos työntävä voima on suurempi kuin kitkavoima on kappaleen liike kiihtyvää.

Kuva 6. Nopeutuva liike



- Jos työntävä voima on pienempi kuin kitkavoima on kappaleen liike hidastuvaa.

Kuva 7. Hidastuva liike



KITKAVOIMA

- Laskuesimerkki
- Kelkan ja jään välinen kitkakerroin on 0,08. Kelkan massa on 120 kg. Miten suurella voimalla kelkkaa on työnnettävä, jotta nopeus pysyy samana?

1. $F = ?$

2. $\mu = 0,08$

$m = 120 \text{ kg}$

$a = 0$

3. $F_u = \mu \times F_n$

$F_n = m \times g$

$F_u = F$ (koska nopeus ei muutu on kitkavoiman ja työntövoiman oltava yhtä suuria).

4. Sijoitetaan kaava $F_n = m \times g$

kaavaan $F_u = \mu \times F_n$

$F = \mu \times m \times g$

5. $F = 0,08 \times 120 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 =$
 $1177,2 \text{ N}$

TYÖ

Työ määritellään seuraavasti:

$$W = F \times s$$

missä

$$W = \textit{työ}$$

$$F = \textit{voima}$$

$$s = \textit{voiman suunnassa kuljettu matka}$$

TYÖ VEDOSSA JA TYÖNNÖSSÄ

- Kun kelkkaa vedetään tietyllä voimalla lattiaa pitkin, tehdään työtä. Työn määrä riippuu tarvittavasta voimasta joka taas riippuu kelkan ja lattian välisestä kitkasta ja vedettävän kelkan massasta.

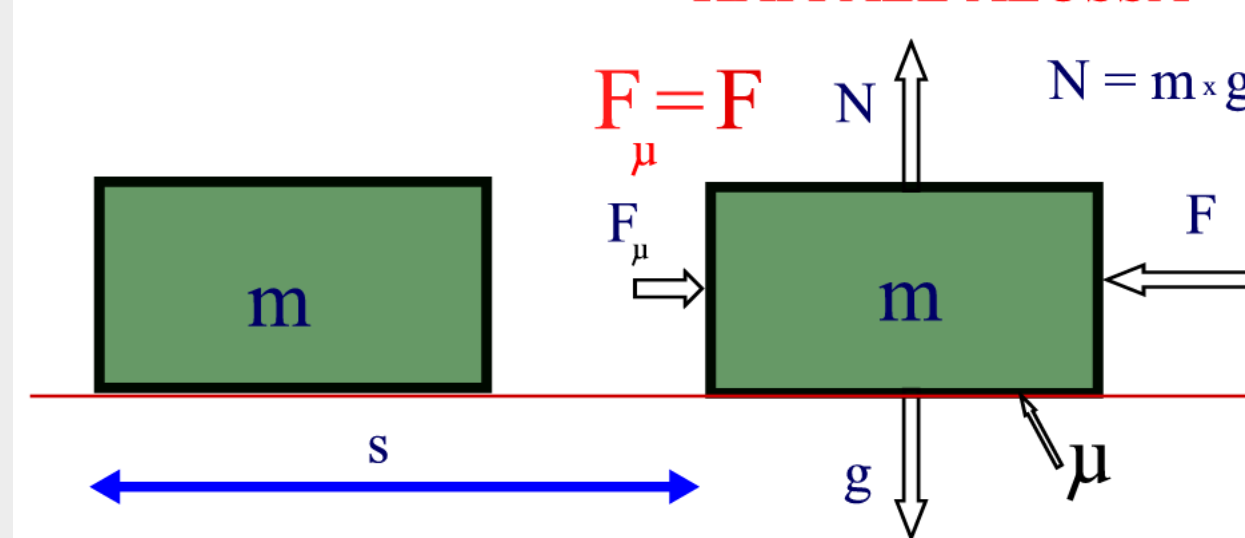
Jos kitkakerroin on suuri tarvitaan enemmän voimaa ja samalla tehdään enemmän työtä. Jos vedettävä kelkan massa lisääntyy niin samalla lisääntyy myös työ. Samoin jos kelkkaa vedetään pidempi matka niin työ lisääntyy.

TYÖ VEDOSSA JA TYÖNNÖSSÄ

Työnnössä tai vedossa työn määrään vaikuttavat siis kappaleen massa (m), painovoima (g), matka (s) ja kitkakerroin (μ). Huomaa että aika ei vaikuta työn määrään.

KAPPALE LOPUSSA

KAPPALE ALUSSA



Copyright Isto Jokinen;
Käyttöoikeus opetuksessa
tekijän luvalla

TYÖ VEDOSSA JA TYÖNNÖSSÄ

- Laskuesimerkki
- Isä vetää lastaan pulkassa 300 m matkan. Lapsen ja pulkan yhteismassa on 35 kg ja pulkan ja lumen välinen kitkakerroin 0,2. Miten suuren työn isä tekee?

1. $W=?$
2. $s=300\text{m}$
 $m=35\text{ kg}$
 $\mu = 0,2$

3. $W=F \times s$
 $F= \mu \times m \times g$

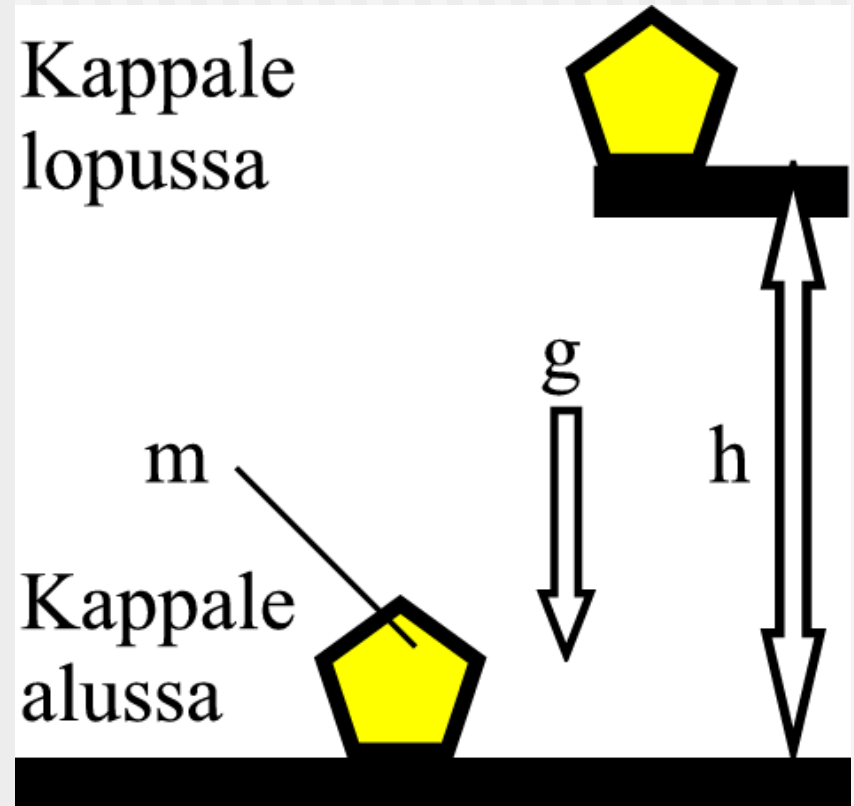
4. Sijoitetaan kaava
 $F= \mu \times m \times g$ kaavaan $W=F \times s$
 $W= \mu \times m \times g \times s$

5. $W=0,2 \times 35\text{ kg} \times 9,81\text{m/s}^2 \times 300\text{ m}$
 $= 20601\text{ Nm}$

TYÖ NOSTOSSA

- Kun jotain kappaletta nostetaan ylöspäin tarvitaan nostoon voimaa, koska maan vetovoima vastustaa nostoa. Työn kaava nostossa on:

$$W = m \times g \times h$$



TYÖ NOSTOSSA

- Laskuesimerkki

- Mies nostaa 30 kg maalipurkin maasta 80 cm korkealle pöydälle. Miten suuren työn hän tekee?

1. $W=?$

2. $m= 30 \text{ kg}$
 $g=9,81\text{m/s}^2$
 $h=0,8 \text{ m}$

3. $W=m \times g \times h$

4. Ei kaavamuutoksia tai sijoituksia

5. $W= 30 \text{ kg} \times 9,81\text{m/s}^2 \times 0,8 \text{ m}$
 $= 235,44 \text{ Nm}$

TEHO

Teho on tehty työ jaettuna työhön kuluneeseen aikaan eli:

$$P = \frac{W}{t} = [W] = \frac{[Nm]}{[s]}$$

missä

$P = \text{teho} \text{ (Nm / s = W)}$

$W = \text{tehty työ (Nm)}$

$t = \text{työhön käytetty aika (s)}$

Tehon yksikköä on Watti (W)

Koska työ on voima kertaa matka ($W = F \times S$), niin teho voidaan laskea myös kaavalla:

$$P = \frac{F \times s}{t} = [W] = \frac{[N \times m]}{[s]}$$

TEHO NOSTOSSA

- Nostettaessa kappaletta ylös tehdään työtä. Jos kappale nostetaan hitaasti tai nopeasti samalle korkeudelle tehdään sama työ. Nopeassa nostossa on kuitenkin teho suurempi kuin hitaassa nostossa vaikka työ onkin sama.

Teho on tehty työ jaettuna työhön kuluneeseen aikaan eli

$$P = \frac{W}{t}$$

missä

$$P = \text{teho} \ (Nm / s = W)$$

$$W = \text{työ} \ (Nm)$$

$$t = \text{aika} \ (s)$$

TEHO NOSTOSSA

- Laskuesimerkki
- Maalari kiipeää portaita kädessään 20 kg painava maalipurkki 5 m 15 sekunnissa. Maalarin oma paino on 60 kg. Mikä on teho nostossa?

- 1. $P = ?$

- 2. $m = 20 \text{ kg} + 60 \text{ kg} = 80 \text{ kg}$
 $h = 5 \text{ m} ; t = 15 \text{ s}$

- 3. $P = \frac{W}{t}$

$$W = m \times g \times h$$

- 4. $P = \frac{m \times g \times h}{t}$

- 5.

$$P = \frac{80 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 5 \text{ m}}{15 \text{ s}} = 261 \text{ W}$$

PAINE

- Kun voima vaikuttaa pintaan aiheuttaa se paineen. Paine on siis voima jaettuna pinta-alalla. Paineen yksikkö on Pascal.

$$P = \frac{F}{A} = \frac{[N]}{[m^2]} = [Pa]$$

- Mitä suurempi on voiman vaikutus pinta-alaan nähden, sitä suurempi on paine. Esim. jos tuhannen kilon paino on 1 cm²:n alan päällä on paine alustaa vasten 100 kertaa suurempi kuin jos paino olisi 1 dm²:n alan päällä.

PAINE

- Laskuesimerkki
- Mikä on 60 kg:n aiheuttama paine pintaan kun paino kohdistuu 1 cm²:n alalle?

1. $P = ?$

2. $m = 60 \text{ kg}$

$A = 1 \text{ cm}^2$

3.
$$P = \frac{F}{A}$$

$$F = m \times a$$

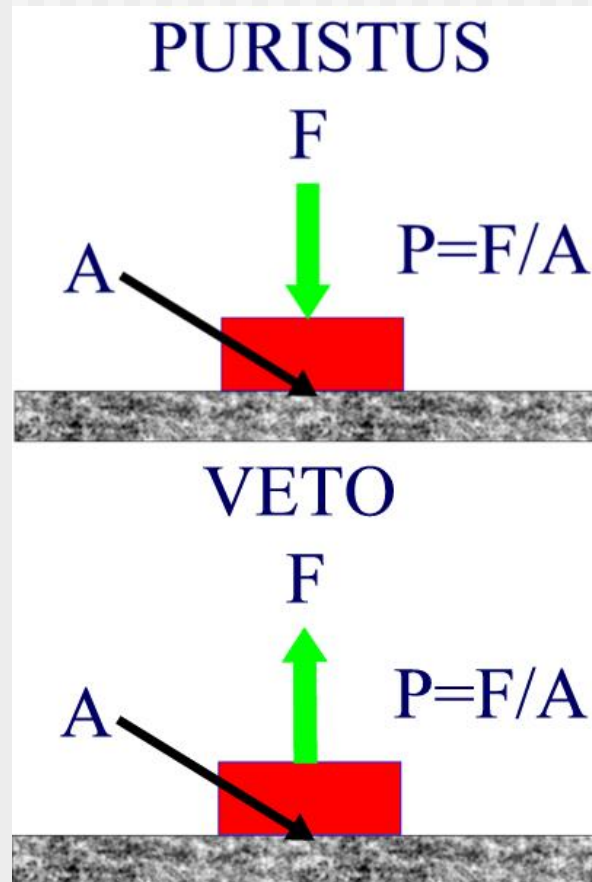
4.
$$P = \frac{m \times g}{A}$$

5. $1 \text{ cm}^2 = 0,0001 \text{ m}^2$

6.
$$P = \frac{60 \text{ kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0,0001 \text{ m}^2} = 5886000 \text{ Pa}$$

PAINE

- Kun voima painaa pintaa toista pintaa vasten on pintojen välille paine joka on puristusta.
- Kun voima vetää pintaa irti toisesta pinnasta on pintojen välillä paine joka on vetoa.
- Puristus ja veto ovat toistensa vastakohtia. Molempien yksikköinä on paineen yksikkö Pascal.



ILMANPAININE

- Maapallon ilmakehällä on massa. Ilman massa aiheuttaa ilmakehän paineen joka on meren pinnan korkeudella n. 101 kPa. Kun nousee ylemmäs merenpinnasta ilman paine laskee, koska yllä olevan ilman määrä ja massa vähenee koko ajan ylöspäin mentäessä.
- Ihminen ei havaitse ilmakehän painetta, koska sen vaikutus on joka suuntaan sama. Liikkeessä ilman olemassaolo on helposti havaittavissa ilman vastuksena.
- Kaasut puristuvat kasaan paineen vaikutuksesta. Tällöin niiden paine kasvaa. Samasta syystä ilman tiheys alenee kun nousee ylöspäin merenpinnan tasosta.

ILMANPAINE

- Laskuesimerkki:
- Miten suurta massaa vastaavan paineen ilman paine aiheuttaa neliömetrin alalle?

1. $m=?$

2. $A=1\text{m}^2$

$P=101\text{kPa}=101000\text{ Pa}$

3. $P= F/A$; $F=m\times g$

4. Sijoitus:

$$P = \frac{m \times g}{A}$$

Kaavan muokkaus:

$$m = \frac{P \times A}{g}$$

5.
$$m = \frac{101000 \frac{\text{kgm}}{\text{s}^2 \times \text{m}^2} \times 1\text{m}^2}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 10295\text{kg}$$