FYSP1010

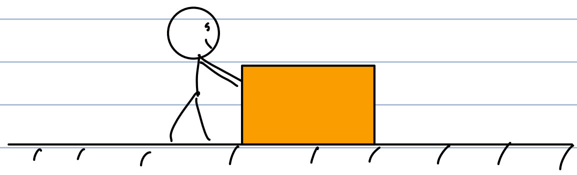
Luento 3

- Newton III
- Vuorovaikutukset
- Ympyräliike

Muista liittyä luennon TIM-sivulle

Newton III

Työnnetään laatikkoa



Tarkastellaan eri kappaleisiin vaikuttavia voimia

Notaatio

$\vec{F}_{UL}$

ukko laatikkoon

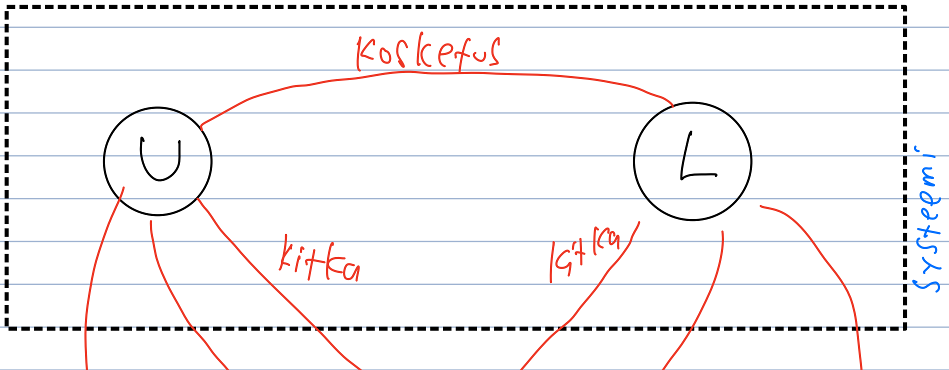
$\vec{F}_{LU}$

Eri "kappaleita"
- ukko
- Laatikko
- Lattia
- Maa

Systeemi: mitä halutaan tutkia
Ympäristö: muut

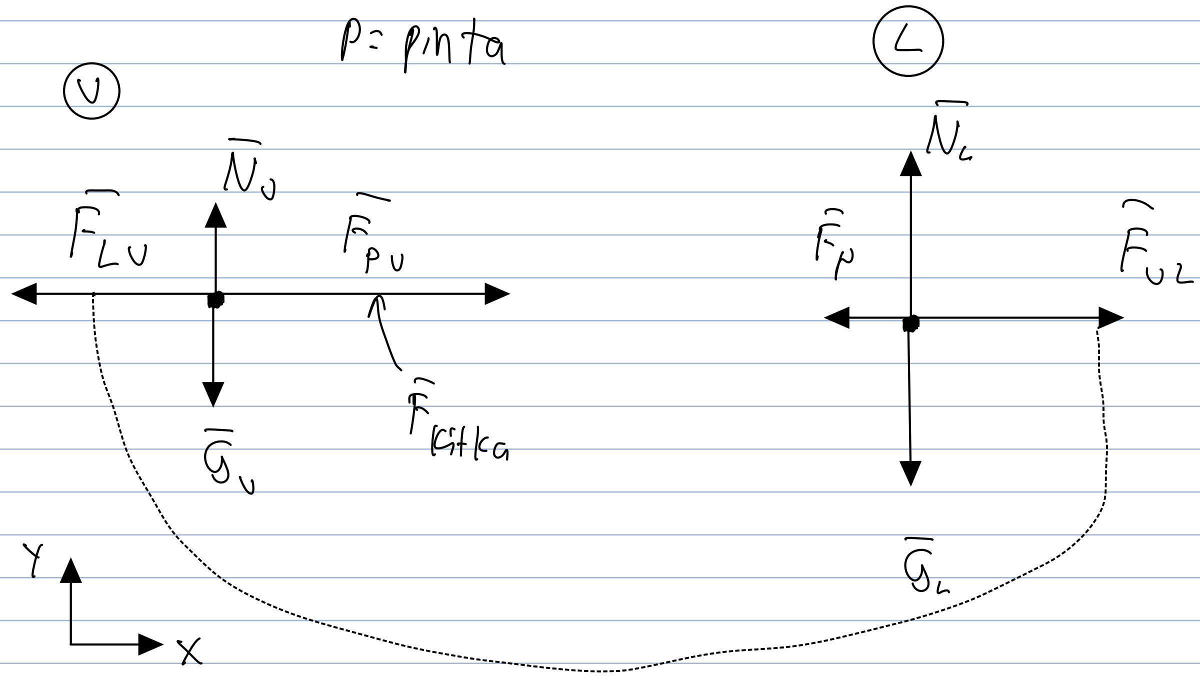
Vuorovaikutusdiagrammi

(vrt. Knight Tactic box 7.1)



Vapaakappalekuvat systeemin kappaleille, näkyviin kappaleisiin vaikuttavat voimat

P = pinta



Voima-vastavoimapari: $\bar F_{LU}$ $\bar F_{UL}$

Huom: Vaikuttavat eri kappaleisiin

Newtonin III laki: $\boxed{\bar F_{LU} = -\bar F_{UL}}$

Liikeyhtälöt erikseen (oletetaan $\bar F_\mu \approx 0$)

Ukko: $\bar N_U + \bar G_U + \bar F_{pU} + \bar F_{LU} = m_U \cdot \bar a_U$

Laatikko: $\bar N_L + \bar G_L + \bar F_{UL} = m_L \bar a_L$

$N\underline{III}$ $\bar{F}_{LU} = -\bar{F}_{UL}$ sidosehto $\bar{a}_U = \bar{a}_L = \bar{a}$

Huom: 4 yhtälöä + sidosehto

ukko: y: $(N_U)_y + (G_U)_y = 0$ | $(N_L)_y + (G_L)_y = 0$

$N_U - m_U g = 0$ | $N_L - m_L g = 0$

x: $(F_{LU})_x + (F_{PU})_x = m_U \underbrace{(a_U)_x}_{a}$

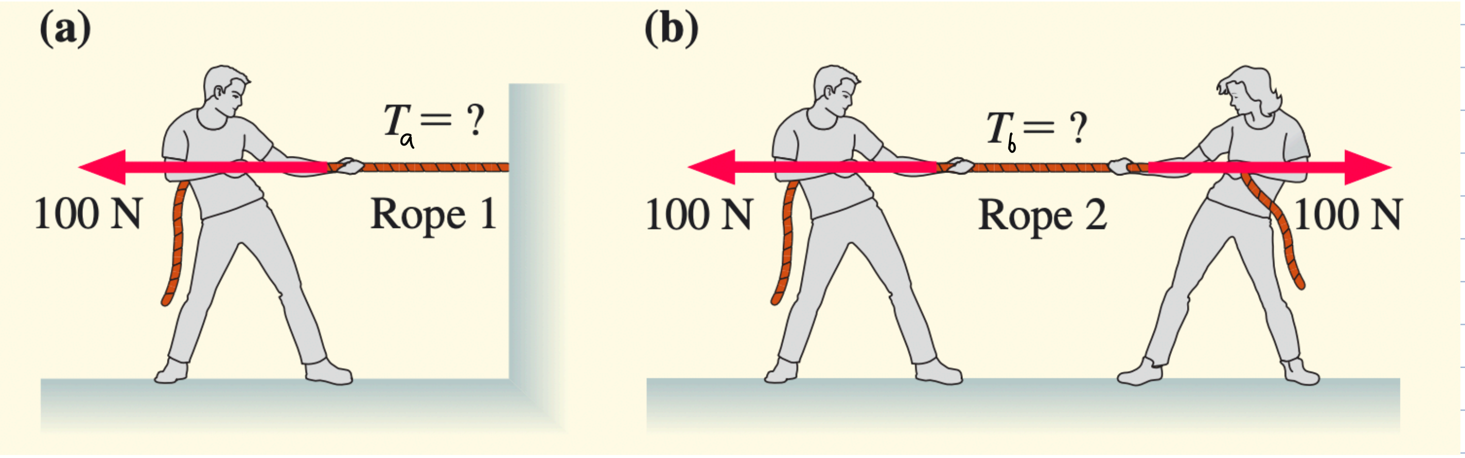
x $\underbrace{(F_{UL})_x}_{-(F_{LU})_x} = m_L a$ $\Big\}$ $(F_{LU})_x = -m_L \cdot a$

$-m_L \cdot a + F_{PU} = m_U \cdot a$

$\underline{F_{PU} = (m_U + m_L) \cdot a.}$

TM

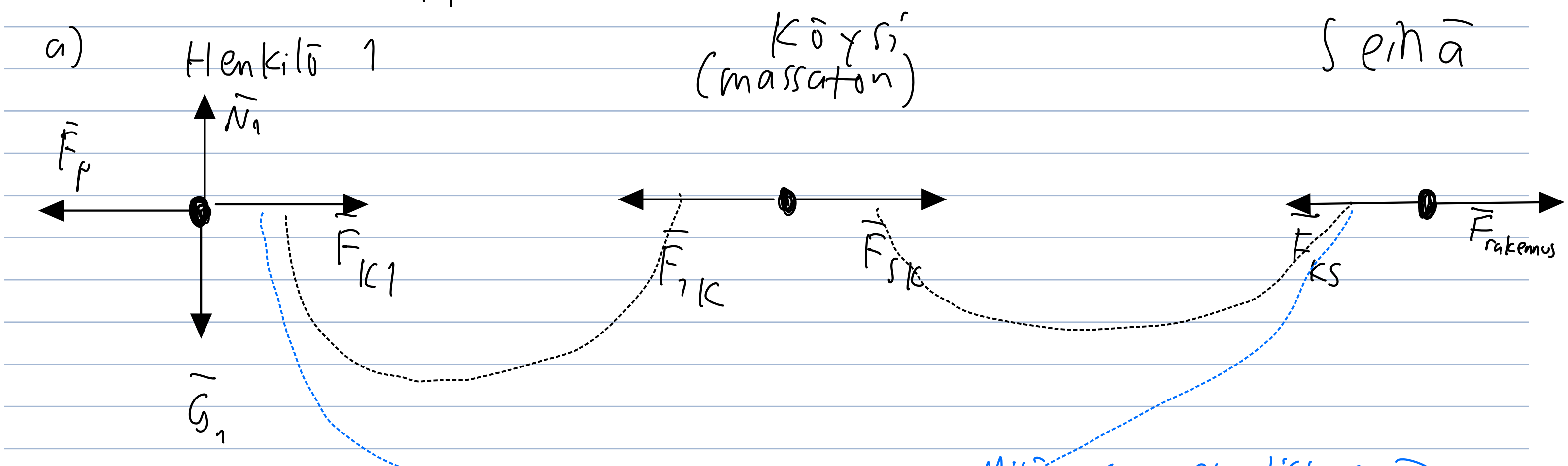
Esimerkki: Köyden jännitysvoima on T_a (a) T_b (b)



Valitse oikea vaihtoehto

- $T_a = T_b$
- $T_a > T_b$
- $T_a < T_b$

Vapaakappalekuvat



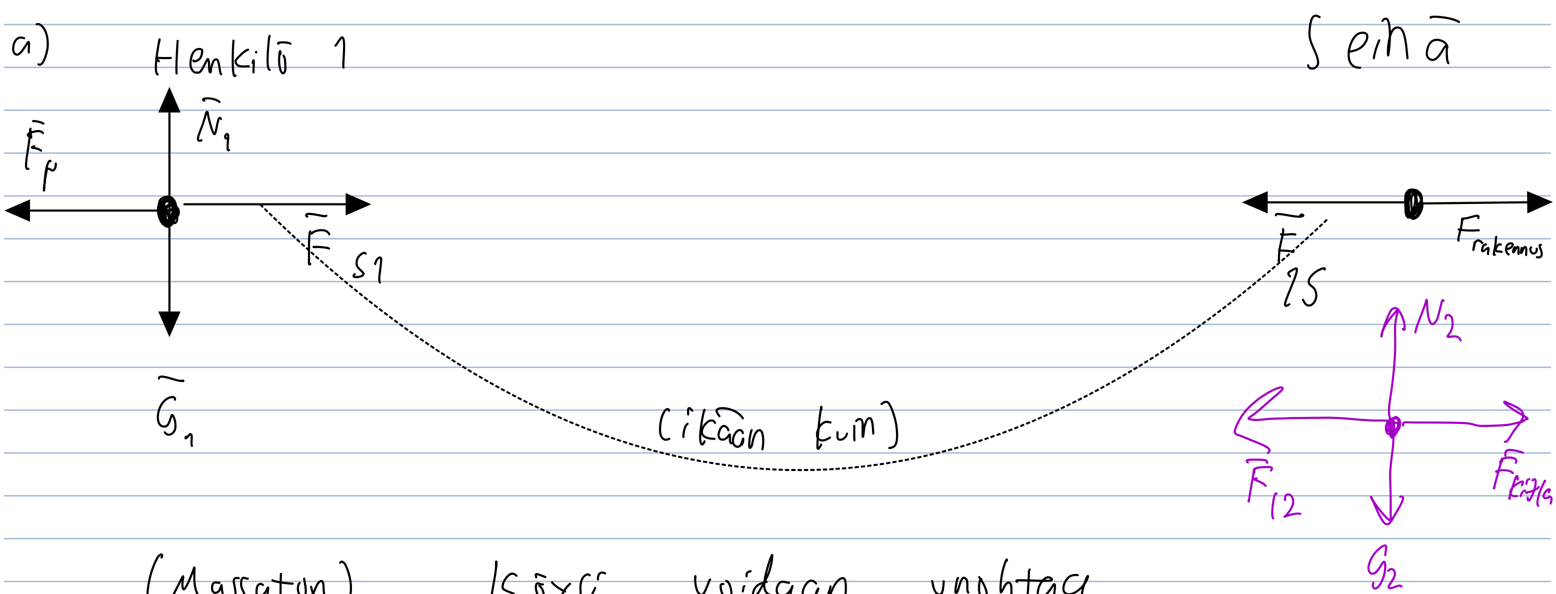
Mitä jos ei olisi seinää vaan Henkilö 2?

Newton III:

$$\bar F_{K1} = -\bar F_{1K}$$
$$\bar F_{SK} = -\bar F_{KS}$$
$$\bar a = 0 \longrightarrow \bar F_{SK} + \bar F_{1K} = 0$$

$$\left.\right\} \quad \bar F_{K1} = -\bar F_{KS}$$

Eli $\bar F_{K1}$ ja $\bar F_{KS}$ ovat ikään kuin voima-vastavoimapareja (kun köysi on massaton)

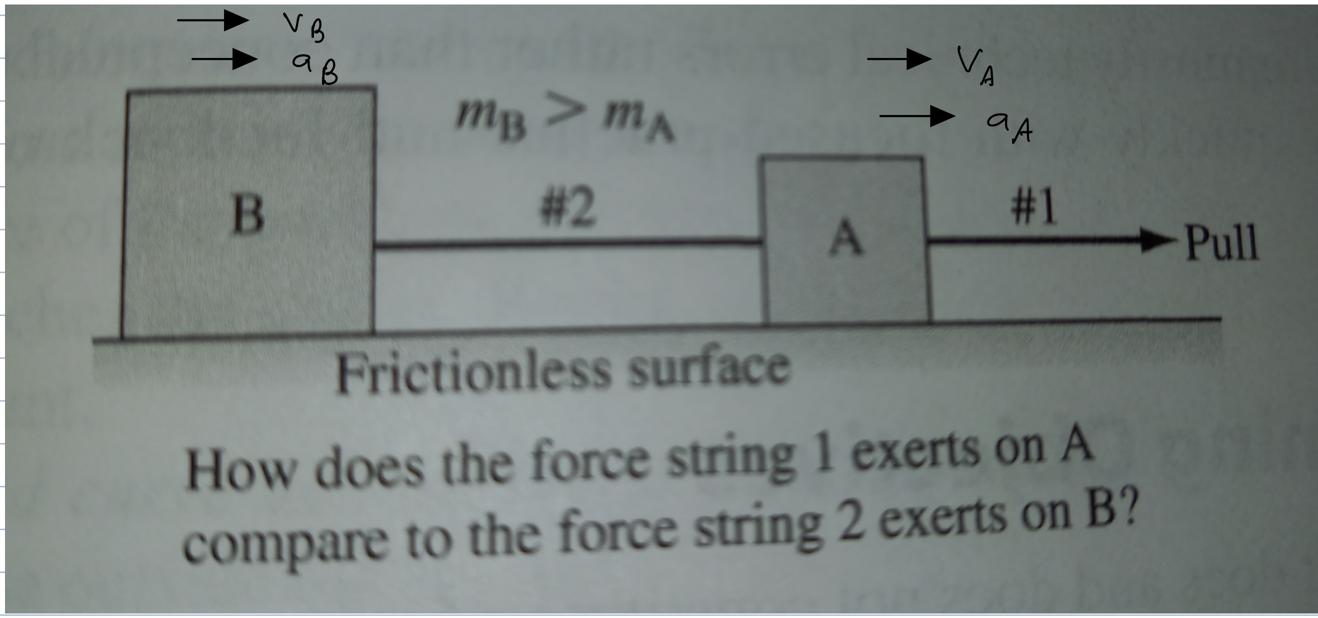


(Massaton) köysi voidaan unohtaa

$$\bar F_{1S} = -\bar F_{S1}$$

Sama johtopäätös vaikka seinän paikalla olisi toinen henkilö

Esimerkki:

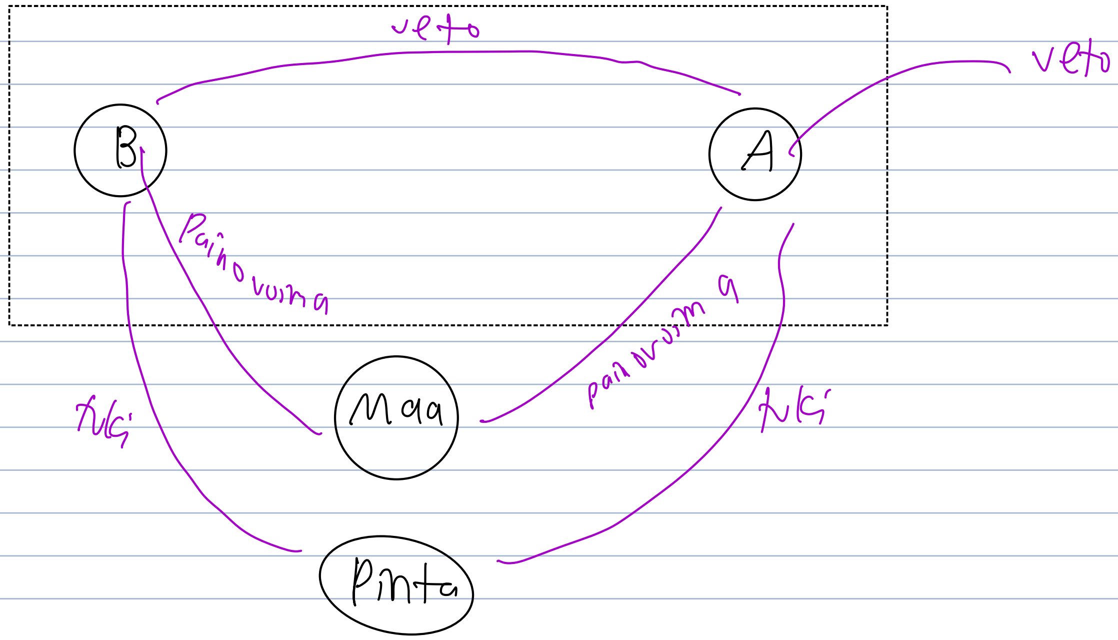


18 : $F_{1A} = F_{2B}$

14 $F_{1A} > F_{2B}$

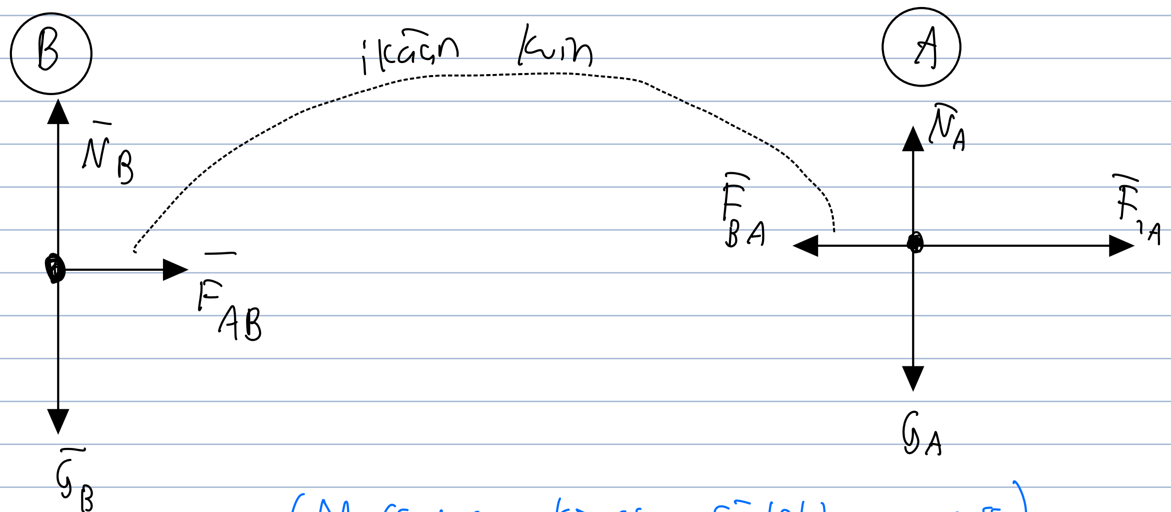
8 $<$

Ratkaisu: vuorovaikutusdiagrammi



(Sama kuin käsitetehtävässä hieman eri merkinnöillä)

Vapaakappalekuvat



(Massaton köysi jätetty pois)

NIII: $\bar F_{AB} = -\bar F_{BA}$

Sidosehto: (TIM) $\bar a_A = \bar a_B = \bar a$ $(x_A - x_B = \text{vakio})$

NII B: $\bar F_{AB} + \underbrace{\bar N_B + \bar G_B}_{=0} = m_B \bar a$

A $\bar F_{1A} + \bar F_{BA} + \underbrace{\bar N_A + \bar G_A}_{=0} = m_A \bar a$

$$\bar{F}_{BA} = -\bar{F}_{AB} = -m_B \bar{a}$$

$$\bar{F}_{1A} - m_B \bar{a} = m_A \bar{a}$$

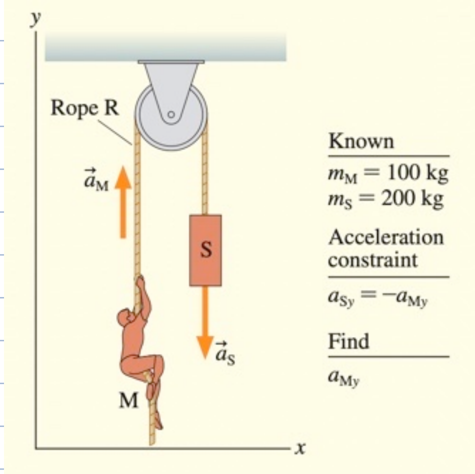
$$\bar{F}_{1A} = (m_B + m_A)\bar{a}$$

vrt. $\bar{F}_{2B} = \bar{F}_{AB} = m_B \bar{a}$

$$\left.\begin{array}{l} \bar{F}_{1A} = (m_B + m_A)\bar{a} \\ \bar{F}_{2B} = \bar{F}_{AB} = m_B \bar{a} \end{array}\right\} |\bar{F}_{1A}| > |\bar{F}_{2B}|$$

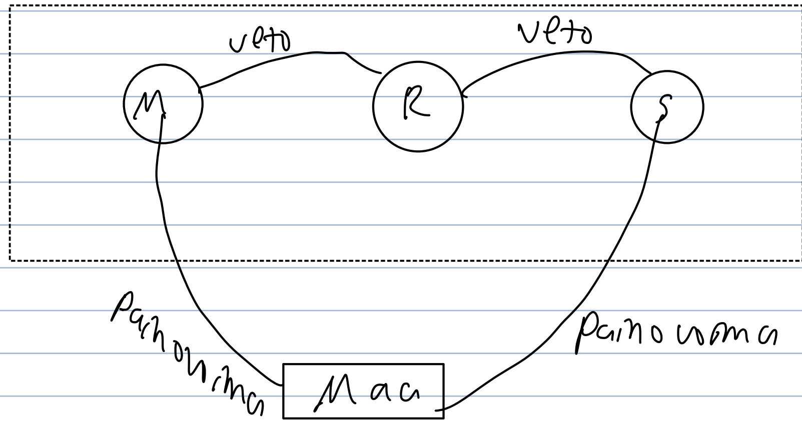
HUOM: Nyt näemme että myös m_B vaikuttaa kiihtyvyyteen (vrt. wme luento)

Esimerkki (Knight 7.8): Väkipyörä



(TIM)

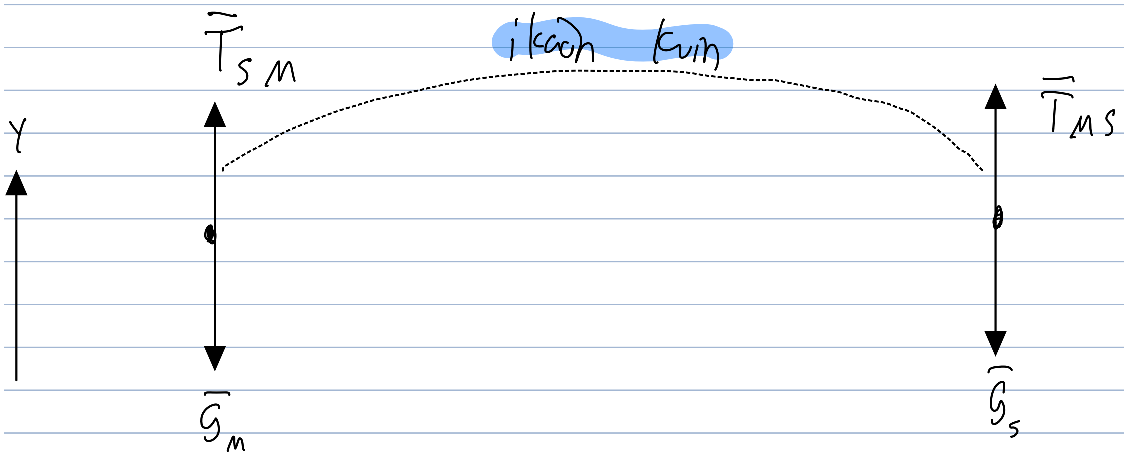
Vuorovaikutusdiagrammi



Vapaakappalekuvat

Kiipeilijä M

Laatikko S



Nyt $\bar{T}_{SM}$ ja $\bar{T}_{MS}$ eivät ole todelliset voima-vastavoimaparit, vaan väkipyörän takia

$\bar{T}_{SM} = \bar{T}_{MS}$

Silti monesti voidaan ajatella (ikään kuin) paina

NII: Vain y-suunnan tarkastelu riittää

$m: \quad \Sigma F_m = T_{sm} + G_m = T_{sm} - m_m g = m_m \cdot a_m$

$S: \quad \Sigma F_s = T_{ms} + G_s = T_{sm} - m_s \cdot g = m_s \cdot \underbrace{a_s}_{-a_m}$

Sidosehto: $a_m = -a_s$

$$\begin{cases} T_{sm} - m_m g = m_m a_m \\ T_{sm} - m_s g = -m_s a_m \end{cases}$$

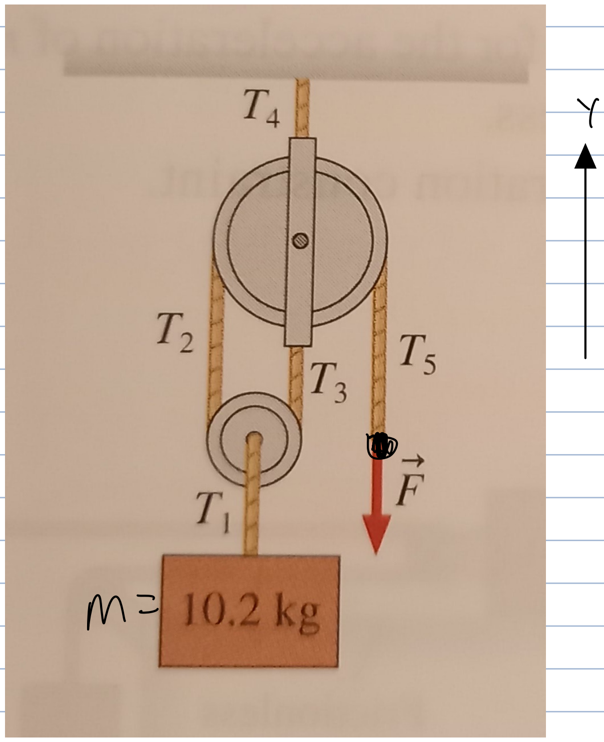
$\vdots$

$$a_m = \frac{m_s - m_m}{m_s + m_m} \cdot g \approx 3{,}3 \text{ m/s}^2$$

Tarkistus: jos $m_s = 0$

niin $a_m = -g$

Esimerkki (Knight luku 7 t. 37)



Voima $|\vec{F}| = ?$
staattisessa tilanteessa.

Kaikki voimat y-suunnassa,
tarkastellaan skalaarimuodossa

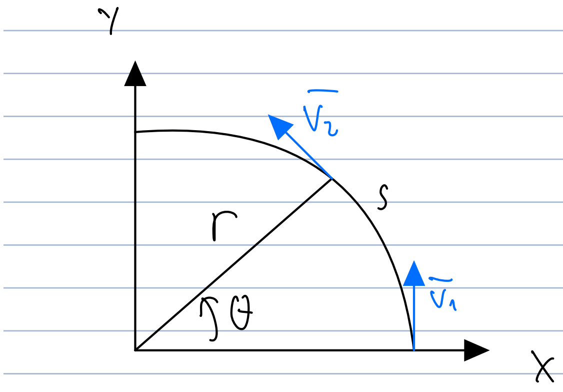
Pieni väkipyörä:

Suuri väkipyörä:

Pohdittavaksi: mitä jos kädellä on massa?

Ympyräliikkeestä

(Lyhyesti, videot tärkeät!)



Radiaanit: $s = r\theta$

(keski) nopeus radalla: $v = \frac{2\pi r}{T}$

Hetkellinen nopeus radalla:

$$v = \frac{ds}{dt} = \frac{d(r \cdot \theta)}{dt} = r\,\frac{d\theta}{dt}$$

Kierrokseen kuluva aika T

$|\bar{v}_1| = |\bar{v}_2| = |\bar{v}|$ tässä.

Esimerkissä:

Kulmanopeus $\omega = \frac{d\theta}{dt}$ (>0)

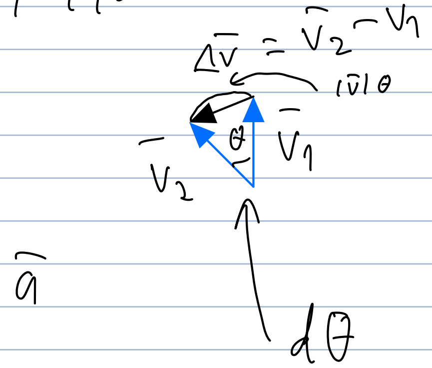
(ja kulmakiihtyvyys $\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$, tässä $\alpha = 0$)

Kuten suoraviivaisessa tasaisessa liikkeessä

$$\theta = \theta_0 + \omega t$$

$$\left(\begin{aligned} \omega &= \omega_0 + \alpha t \\ \theta &= \theta_0 + \omega t + \tfrac{1}{2}\alpha t^2 \end{aligned}\right)$$

Kiihtyvyys:



$|\Delta\bar{v}| = |\bar{v}|\,d\theta$

pieni kulma

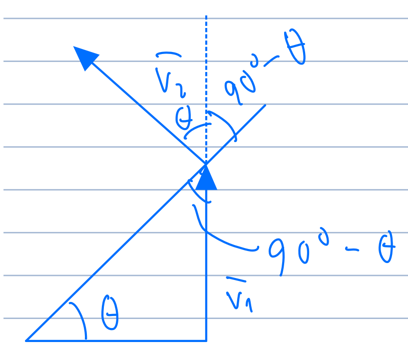
$|\bar{v}_1| = |\bar{v}_2|$

$$|\bar{a}| = \frac{|d\bar{v}|}{dt} = \frac{|\bar{v}|\,d\theta}{dt}$$

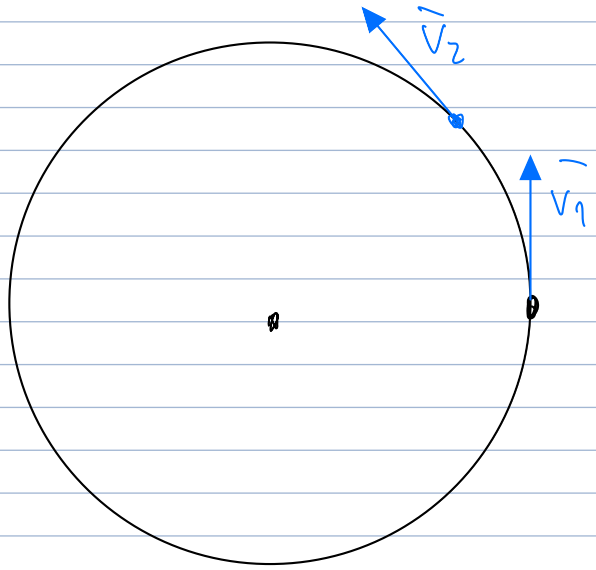
$\theta = \frac{s}{r}$

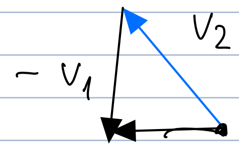
$$= |\bar{v}|\,\frac{d(s/r)}{dt}$$

$$= \frac{|\bar{v}|}{r}\,\underbrace{\frac{ds}{dt}}_{=|\bar{v}|} = \frac{|\bar{v}|^2}{r}$$



Kiihtyvyysvektorin suunta:





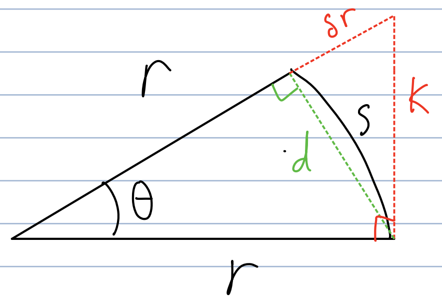
$\Delta\bar{v} = \bar{v}_2 - \bar{v}_1$

$\Delta\bar{v} = \bar{a} \cdot \Delta t$

$\bar{a}$ osoittaa kohti keskipistettä

Pienten kulmien approksimaatiosta

Fyysikolle yleensä tärkeä työkalu!



Tarkasti

$$s = r\theta$$

$$\cos\theta = \frac{r}{r+\delta r}$$

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

Kun θ on hyvin pieni:

$$\delta r \approx 0$$

$$d \approx s \approx k$$

$$\boxed{\begin{aligned} \cos\theta &\approx \frac{r}{r} = 1 \\ \sin\theta &\approx \frac{s}{r} = \theta \end{aligned}}$$

θ radiaaneina!

Esimerkki (Knight 4.14)

- Tuuletin pyörii 60 rpm
- Pysähtyy $\Delta t = 25$ s aikana
- Montako kierrosta se pyörii ennen pysähtymistä?

Oletetaan vakiokulmakiihtyvyys. Sovitaan $\omega > 0$, $\alpha < 0$

$\omega_1 =$