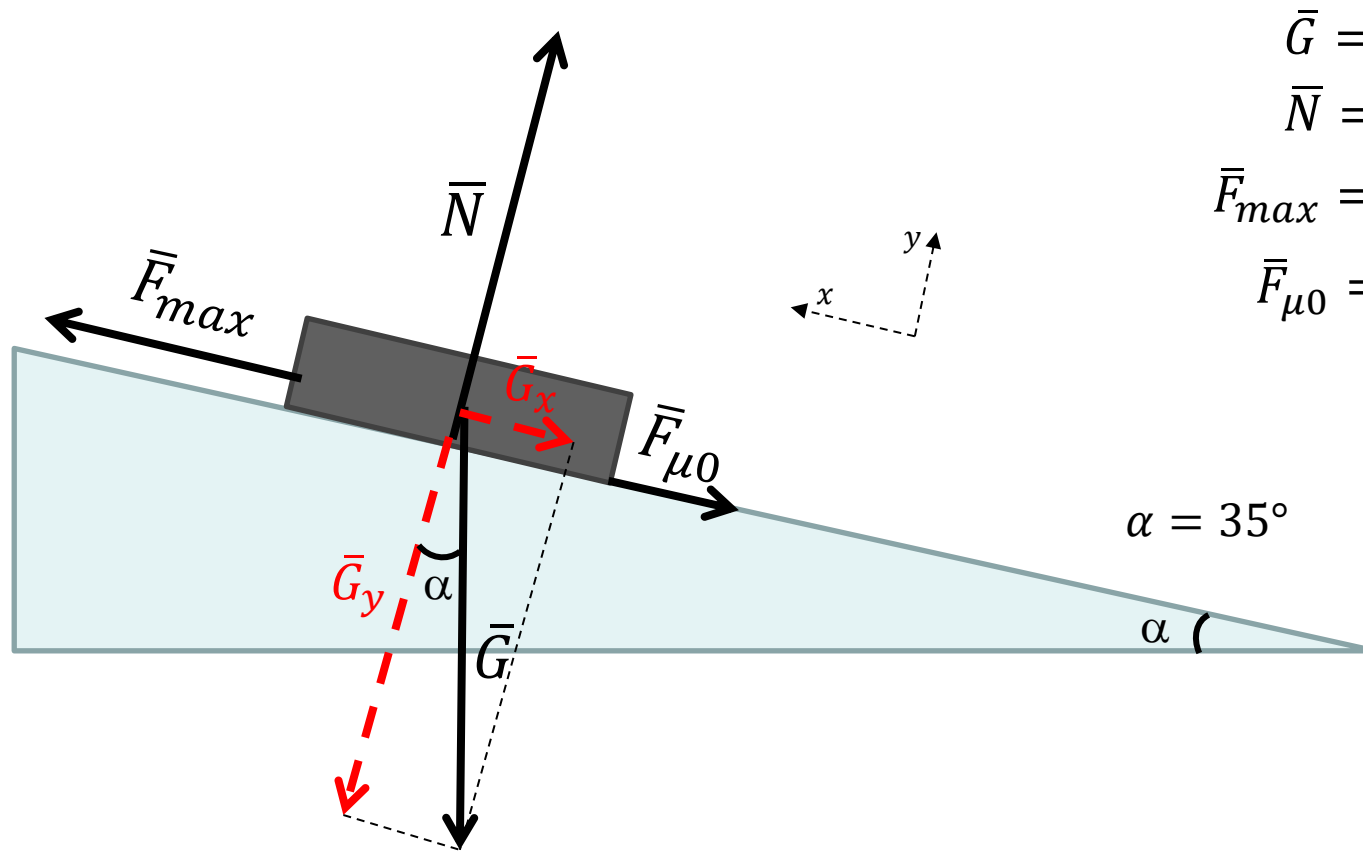


**t. 9.21. (Yo-tehtävä K2013/5)**

Laatikko on levossa, joten Newtonin II lain mukaan siihen kohdistuvien voimien summa on nolla:

$$\sum \vec{F} = 0.$$

Piirretään ensin kuvio tilanteessa, jossa voima on suurin mahdollinen, eli laatikko on juuri lähdössä liukumaan lastaussiltaa ylös.



$\vec{G}$  = laatikon paino

$\vec{N}$  = pinnan tukivoima

$\vec{F}_{max}$  = laatikkoa paikallaan pitävä voima

$\vec{F}_{\mu 0}$  = täysin kehittynyt lepokitka

Jaetaan paino tason suuntaisiin ja tasoa vastaan kohtisuoriin komponentteihin:

$$G_x = G \sin \alpha = mg \sin \alpha$$

$$G_y = G \cos \alpha = mg \cos \alpha$$

Tasapainoehto (liikeyhtälö)  $x$  –suunnassa:

$$\bar{F}_{max} + \bar{G}_x + \bar{F}_{\mu 0} = 0$$

Skalaarimuodossa:

$$F_{max} - G_x - F_{\mu 0} = 0$$

$$F_{max} = G_x + F_{\mu 0} = mg \sin \alpha + \mu_0 N$$

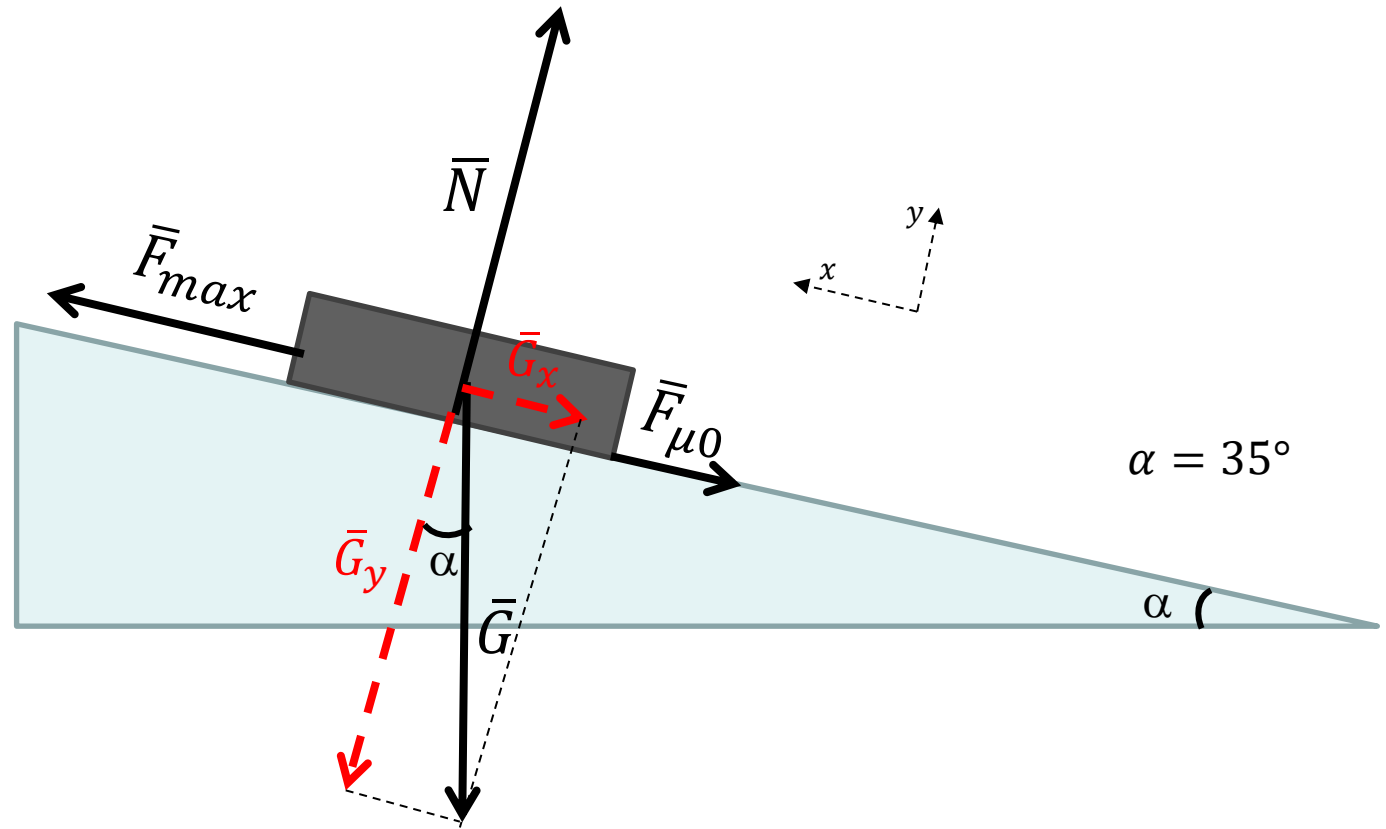
Tasapainoehto  $y$  –suunnassa:

$$\bar{G}_y + \bar{N} = 0$$

Skalaarimuodossa:

$$-G_y + N = 0$$

$$N = G_y = mg \cos \alpha$$



Voiman suurin arvo saadaan sijoittamalla tukivoiman lauseke  $x$  –suuntaisesta tasapainoehdosta muodostettuun voiman yhtälöön:

$$F_{max} = mg \sin \alpha + \mu_0 mg \cos \alpha$$

$$F_{max} = mg(\sin \alpha + \mu_0 \cos \alpha)$$

$$= 425 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (\sin 35^\circ + 0,52 \cos 35^\circ) \approx 4167,3 \text{ N} \approx 4\,200 \text{ N}$$

Voiman suurin arvo on 4 200 N.

Ratkaisu TI-Nspirellä tasapainoehdoista saadulla yhtälöparilla:

$$\begin{cases} F_{max} - mg \sin \alpha - \mu_0 N = 0 \\ N = mg \cos \alpha \end{cases}$$

---

$$\text{solve}\left(\begin{cases} f_{max} - m \cdot g \cdot \sin(35) - 0.52 \cdot n = 0 \\ n = m \cdot g \cdot \cos(35) \end{cases}, f_{max}\right)$$

$$f_{max} = 4165.890292 \cdot \_N \text{ and } n = 3414.083393 \cdot \_N$$

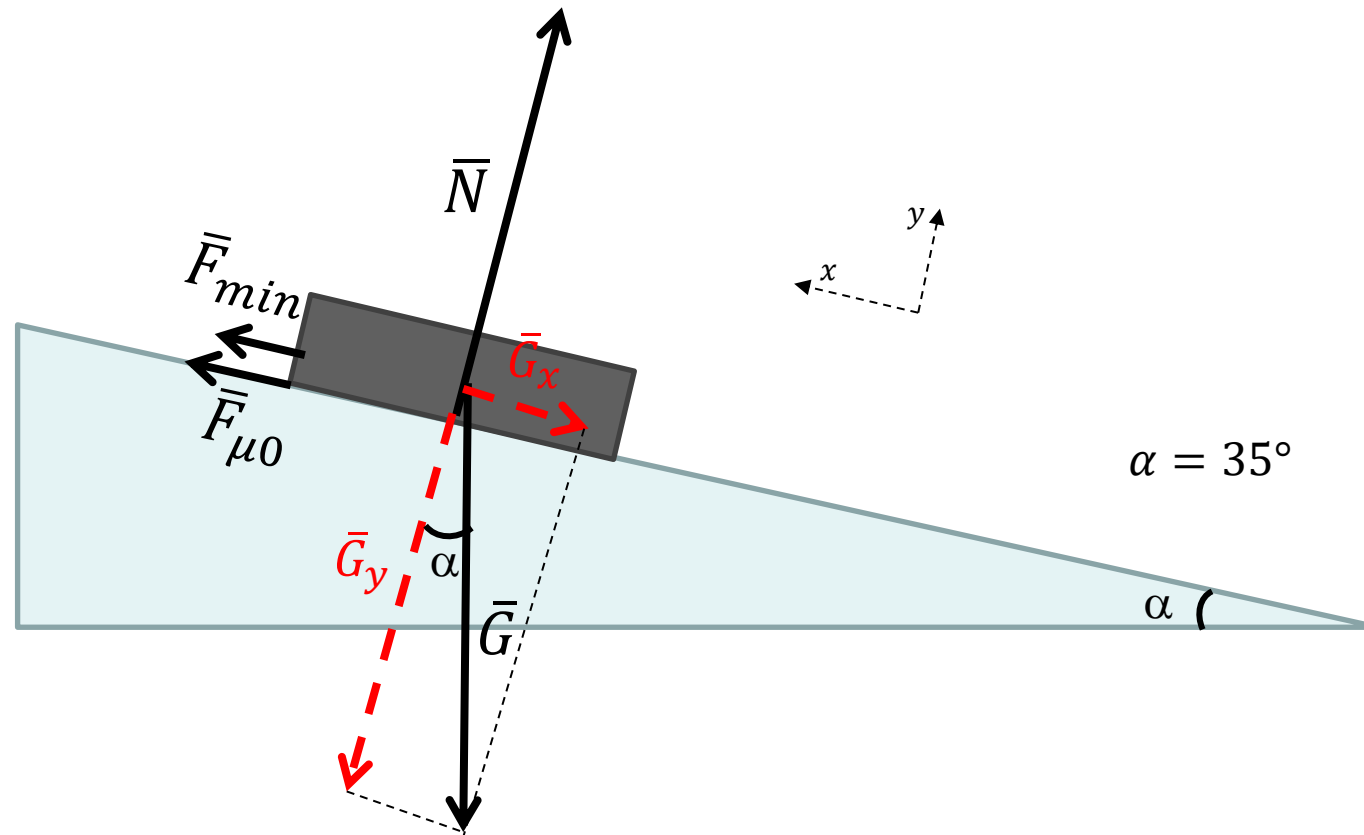
Lasketaan vielä voiman pienin arvo

Selvitetään ensin riittääkö lepokitka pitämään laatikon paikallaan.

Täysin kehittynyt lepokitka eli lepokitkan suurin arvo:

$$F_{\mu 0} = \mu_0 N = \mu_0 m g \cos \alpha$$

$$F_{\mu 0} = 0,52 \cdot 425 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \cos 35^\circ \approx 1775,93 \text{ N}$$



Painon tason suuntainen komponentti:

$$G_x = mg \sin \alpha$$

$$G_x = 425 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \sin 35^\circ \approx 2391,38 \text{ N}$$

Koska  $G_x > F_\mu$ , tarvitaan voima  $F_{min}$  pitämään laatikko paikallaan.

Tasapainoehto  $x$  –suunnassa voidaan nyt kirjoittaa muotoon

$$F_{min} + F_{\mu 0} - G_x = 0 \quad \Leftrightarrow \quad F_{min} = G_x - F_{\mu 0}$$

Voiman pienin arvo on siis

$$F_{min} = 2391,38 \text{ N} - 1775,93 \text{ N} \\ \approx 615,45 \text{ N} \approx 620 \text{ N}$$

