

Eksempel: Akselererende/bremsende bil.

Vi skal finne kraft på fram- og bakhjul på en personbil som funksjon av akselerasjonen (negativ eller positiv). Kan også anvendes på en syklist.

I første omgang velger vi et fast punkt A på bakken som referansepunkt for spinn og kraftmoment. Totalspinnet L er banespinn pluss egenspinn som beskrevet i "Notat om banespinn og egenspinn":

$$\vec{L} = \vec{r} \times m\vec{v} + I_0\vec{\omega}. \quad (1)$$

Positiv rotasjonsretning med klokka. Under normal kjøring skal ikke bilen rotere, slik at $\omega = 0$. Med massesenterets høyde over bakken lik h blir

$$L = |\vec{r} \times m\vec{v}| = hmv \quad (2)$$

og kraftmoment om A er

$$\begin{aligned} \tau &= mgx - N_f(x + l_f) - N_b(x - l_b) \\ &= (mg - N_f - N_b)x + N_b l_b - N_f l_f \\ &= N_b l_b - N_f l_f \end{aligned}$$

idet tyngden mg har effektiv arm x og normalkreftene N_b og N_f på henholdsvis bakhjulene og framhjulene har effektive armer som angitt, med l_b og l_f den horisontale avstanden mellom cm og henholdsvis bakhjul og framhjul. Første ledd faller fordi $mg = N_f + N_b$.

Spinnsatsen $\tau = \dot{L}$ gir

$$N_b l_b - N_f l_f = hmv\dot{v} = hma. \quad (3)$$

Når $a = 0$ er $N_b l_b = N_f l_f$, kraft på bakhjul og framhjul fordeler seg etter plassering av cm (avstandene l_b og l_f). Når $a > 0$ er $N_b l_b > N_f l_f$, dvs. økt kraft på bakhjul.

Når $a < 0$ (bremsing) er $N_f l_f > N_b l_b$, dvs. økt kraft på framhjul.

Bilen steiler (roterer) dersom grepet på bakhjulene mistes, dvs. $N_b = 0$. Da er all tyngde på framhjul: $N_f = mg$, og fra likn. (3) skjer dette når akselerasjonen er

$$a = -\frac{N_f l_f}{hm} = -g \frac{l_f}{h}. \quad (4)$$

Ved akselerasjon større enn dette vil bilen rotere og $I_0\omega$ med $\omega > 0$ må adderes i likn. (2).

Så langt har vi ikke vurdert friksjonen mellom hjul og vegbane. Med total friksjon for fram- og bakhjul lik F_f (N2) gi $F_f = ma > 0$ ved akselerasjon (F_f framover) og $F_f = ma < 0$ ved bremsing (F_f bakover). Skal bilen steile som beskrevet over, må friksjonskrafta på framhjulene være stor nok til at den ikke glir først. Akselerasjon som gitt i likn. (4) krever friksjonskraft $F_f = ma = -mg \frac{l_f}{h}$ og idet statisk friksjon $|F_f| \leq \mu_s mg$ (all kraft på framhjulene) må

$$\mu_s \geq \frac{l_f}{h}.$$

Hvis friksjonskoeffisienten $\mu_s < l_f/h$ vil bilen skli før den steiler. Vi kan anslå $l_f/h \approx 2$ (?) slik at det er lite sannsynlig at biler steiler. En syklist derimot har cm i mye større høyde h over bakken i forhold til l_f , og låsing av framhjul og stup over styret skjer jo iblant for syklister.

Vi kan også tenke at framhjulene kan miste kontakten med ekstrem kraftig akselerasjon. Det kan vanskelig skje for framhjulsdrevne biler, da vil framhjulene spinne fordi friksjonen avtar når N_f minsker.

* * *

Problemet kan også løses med å ta spinn og kraftmoment om pkt B = bilens massesenter. Da blir spinn i likn. (1) lik null fordi banespinn $\vec{r} \times m\vec{v} = \vec{0}$, og vi fortsatt antar $\omega = 0$ (ikke steiler). Tyngden gir ingen moment om B, men friksjonskraftas kraftmoment kommer inn med arm h . Antas F_f positiv framover, gir F_f rotasjon mot klokka:

$$\tau = -N_f l_f + N_b l_b - F_f h.$$

Null spinn medfører null kraftmoment som gir

$$F_f h = N_b l_b - N_f l_f.$$

Sammen med (N2) horisontalt: $F_f = ma$, gir dette samme resultat som ovenfor.

