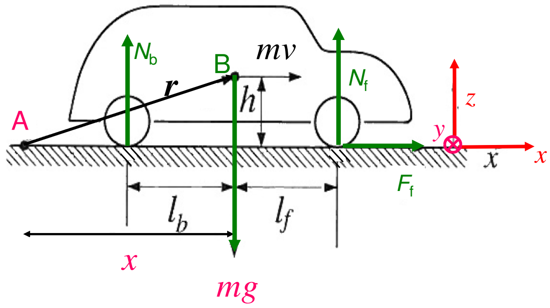
Inst. fysikk 2015

TFY4115 Fysikk (MTELSYS/MTTK/MTNANO)

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":

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

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

$$L = |\vec{r} \times m\vec{v}| = hmv \tag{2}$$

og kraftmoment om A er

$$\begin{aligned}\tau &= mgx - N_\mathrm{f}(x + l_\mathrm{f}) - N_\mathrm{b}(x - l_\mathrm{bf}) \\ &= (mg - N_\mathrm{f} - N_\mathrm{b})x + N_\mathrm{b}l_\mathrm{bf} - N_\mathrm{f}l_\mathrm{f} \\ &= N_\mathrm{b}l_\mathrm{bf} - N_\mathrm{f}l_\mathrm{f}\end{aligned}$$

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

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

$$N_\mathrm{b}l_\mathrm{bf} - N_\mathrm{f}l_\mathrm{f} = hmv\dot{v} = hma\,. \tag{3}$$

Når $a = 0$ er $N_\mathrm{b}l_\mathrm{bf} = N_\mathrm{f}l_\mathrm{f}$, kraft på bakhjul og framhjul fordeler seg etter plassering av cm (avstandene l_bf og l_f).
Når $a > 0$ er $N_\mathrm{b}l_\mathrm{bf} > N_\mathrm{f}l_\mathrm{f}$, dvs. økt kraft på bakhjul.
Når $a < 0$ (bremsing) er $N_\mathrm{f}l_\mathrm{f} > N_\mathrm{b}l_\mathrm{bf}$, dvs. økt kraft på framhjul.

Bilen steiler (roterer) dersom grepet på bakhjulene mistes, dvs. $N_\mathrm{b} = 0$. Da er all tyngde på framhjul: $N_\mathrm{f} = mg$, og fra likn. (3) skjer dette når akselerasjonen er

$$a = -\frac{N_\mathrm{f}l_\mathrm{f}}{hm} = -g\frac{l_\mathrm{f}}{h}. \tag{4}$$

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 vil (N2) gi $F_\mathrm{f} = ma > 0$ ved akselerasjon (F_f framover) og $F_\mathrm{f} = ma < 0$ ved bremsing (F_f bakover)

Skal bilen steile som beskrevet over, må friksjonskrafta på framhjulene være stor nok til at den ikke glir først. Vi tester dette: Ved max akelerasjon fra likn. (4) kreves

$$F_\mathrm{f} = ma = -mg\frac{l_\mathrm{f}}{h} = -\mu_\mathrm{s}mg.$$

Hvis friksjonskoeffisienten $\mu_\mathrm{s} < l_\mathrm{f}/h$ vil bilen skli før den steiler. Vi kan anslå $l_\mathrm{f}/h \approx 2$ (?) 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 medå ta spinn og kraftmoment om pkt B = bilens massesenter. Da blir spinnet i likn. (1) lik null fordi banespinnet $\vec{r} \times m\vec{v} = \vec{0}$, 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:

$$\tau = -N_\mathrm{f}l_\mathrm{f} + N_\mathrm{b}l_\mathrm{bf} - F_\mathrm{f}h.$$

Null spinn medfører null kraftmoment som gir

$$F_\mathrm{f}h = N_\mathrm{b}l_\mathrm{bf} - N_\mathrm{f}l_\mathrm{f}.$$

Sammen med (N2) horisontalt: $F_\mathrm{f} = ma$, gir dette samme resultat som ovenfor.

$\mathcal{A}.\mathcal{M}$i. 2. okt. 15.