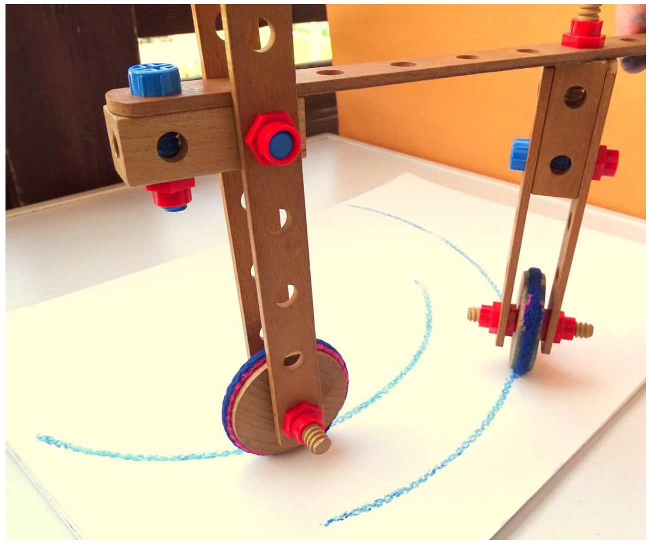
Kdaj postane (motorno) kolo dvosledno vozilo

Ferdinand Grešovnik

Ko s kolesom z mokrega dela kolesarske steze zapeljemo na suhi del, se za njim pojavi sled. Navadno se sledi sprednjega in zadnjega kolesa vsaj delno, če ne v celoti prekrivata, če vozimo naravnost. Kaj pa, če zapeljemo v ovinek? Takrat imamo krmilo zasukano za kot ϕ; sledi sprednjega in zadnjega kolesa se ne prekrivata. Poglejmo, pri kolikšnem najmanjšem kotu zasuka se sledi ločita.

Najprej naredimo poskus z modelom kolesa. Kolesi smo namazali s tempera barvico, krmilo zasukali za kot ϕ in se zapeljali po svetlem papirju. Kolesi sta na papirju pustili sledi (slika 1). Če je zasuk krmila ves čas enak, sta sledi koncentrična krožna loka.



SLIKA 1.
Naredili smo model kolesa. Krmilo smo zasukali za kot ϕ in ga držali ves čas v isti legi. Sprednje in zadnje kolo naredita sledi, ki sta koncentrična krožna loka.

Zasuk krmila je konstanten

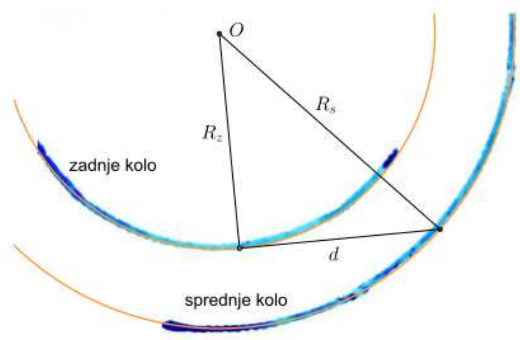
Obravnavajmo primer, ko je zasuk krmila konstanten in kolesi ne drsita. Papir s sledjo smo fotografirali in fotografijo vstavili na risalno površino programa GeoGebra. Na fotografirani sledi smo poiskali tri točke in narisali krožnico. Potem smo poiskali središče te krožnice in narisali še krožnico skozi izbrano točko na drugi sledi. Krožnici se lepo ujemata s sledema (slika 2). Po sledeh lahko tudi sklepamo, v kateri smeri se je premikalo kolo. Ker se sled zadnjega kolesa začne prej kot sprednjega, vemo, da se je kolo gibalo v nasprotni smeri urinega kazalca, torej v pozitivni smeri.

Narišimo še skico (slika 3). Točko dotika zadnjega kolesa s podlago označimo z Z, sprednjega pa z S. Koordinatno izhodišče je v točki O. Vzemimo, da imata sprednje in zadnje kolo enaka polmera in da je medosna razdalja med kolesoma konstantna, označimo jo z d. Če kolesi nista enako veliki, vzamemo za d projekcijo daljice, ki povezuje osi koles na vodoravnico. Smer sprednjega kolesa je označena s kotom α, smer zadnjega pa s kotom β, merjeno glede na os x.

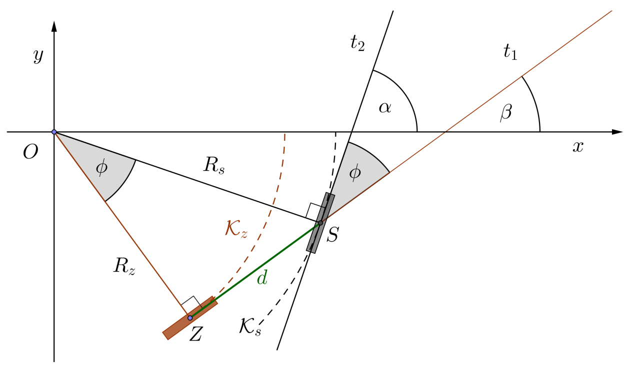
Če se stična točka prednjega kolesa S giblje po krožnici in je zasuk krmila, to je kot ϕ, stalen, se ohranja tudi kot med sprednjim in zadnjim kolesom. Ker se S giblje po krožnici $\mathcal{K}_s$, se tudi zadnje kolo giblje po krožnici, ki ima manjši polmer, to je po $\mathcal{K}_z$. Trikotnik OZS je pravokotni trikotnik s pravim kotom v Z, hipotenuza je polmer kroga $\mathcal{K}_s$, to je R_s, kateti pa polmer krožnice, po kateri se giblje zadnje kolo, to je R_z, in medosna razdalja med kolesi, to je d.

Iz slike razberemo, da velja

$$R_s = \frac{d}{\sin\phi} \qquad R_z = \frac{d}{\tan\phi}.$$



SLIKA 2.
Na sledi zadnjega kolesa smo izbrali tri točke in narisali krožnico. Potem smo na drugi sledi izbrali točko in narisali koncentrično krožnico. Krožnici se lepo ujemata s sledema.



SLIKA 3.
Stična točka sprednjega kolesa je S, zadnjega pa Z. Krmilo zasukamo za kot ϕ. Sprednje kolo se giblje po krožnici $\mathcal{K}_s$, zadnje pa po krožnici $\mathcal{K}_z$.

V obeh izrazih zasledimo povezavo med medosno razdaljo d in kotom zasuka krmila ϕ, kar pomeni, da je medosna razdalja zelo pomembna pri obvladovanju ostrih zavojev, ko je ϕ velik in sta radija krožnic majhna. Zato je zaradi varnosti kot ϕ pri motornih kolesih omejen na kot, ki je precej manjši od 90°. Pri kolesu sicer krmilo lahko zasukamo tudi za več kot pravi kot, ampak bolje je, da tega ne poskušate, če niste zelo spretni, pa še to raje ne delajte med vožnjo.

In kdaj sta sledi ločeni? Polmera krožnic se morata razlikovati vsaj za polovično vsoto skupne sledi koles. Naj bo debelina sledi sprednjega kolesa d_s, zadnjega pa d_z, potem mora veljati

- $$R_s - R_z > \frac{d_s + d_z}{2}.$$

Razliko polmerov izrazimo s kotom ϕ in dobimo

- $$R_s - R_z = \frac{d}{\sin\phi} - \frac{d\cos\phi}{\sin\phi} = \frac{d(1-\cos\phi)}{\sin\phi}.$$

Če upoštevamo še povezave med celimi in polovičnimi koti, je

- $$R_s - R_z = \frac{2d\sin^2(\frac{\phi}{2})}{2\sin\frac{\phi}{2}\cos\frac{\phi}{2}} = d\tan\frac{\phi}{2}$$

in končno

- $$d\tan\frac{\phi}{2} > \frac{d_s + d_z}{2}.$$

O ločenosti sledi torej odločata kot zasuka in medosna razdalja koles.

Za konec smo se poigrali še s cikcakasto vožnjo. Da smo ločili sledi sprednjega in zadnjega kolesa, smo zadnje kolo obarvali z rdečo tempera. Sledi sta na sliki 4.

SLIKA 4.
Zasuk krmila smo med vožnjo po papirju spreminjali. Sled zadnjega kolesa je rdečkasta, sled sprednjega pa modra.

Pri vožnji s kolesom pa le poglejte, kakšni sledi puščata kolesi. In seveda vozite z ustrezno opremljenim kolesom, čelado in po pameti!

× × ×