PRESEK
List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652
Letnik **20** (1992/1993)
Številka 5
Strani 313–315

Božidar Casar:

POŠTNA KOČIJA

Ključne besede: fizika.

Elektronska verzija: http://www.presek.si/20/1146-Casar.pdf

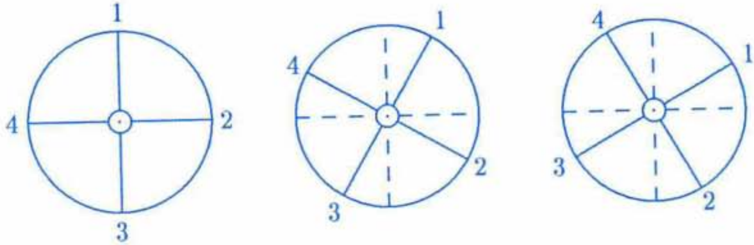
FIZIKA

POŠTNA KOČIJA

Če v kinu opazujemo vožnjo poštne kočije natančneje, se včasih kolo vrti v nasprotni smeri, kot bi pričakovali ali pa se sploh ne vrti. Ste si kdaj skušali pojasniti to posebnost?

Filmske kamere, s katerimi snemajo filme, naredijo vsako sekundo 24 posnetkov. Naše oko poveže posamezne prizore v kontinuirano dogajanje po "najkrajši vmesni poti". To slabost našega očesa pridno izkoriščajo mojstri risank. Za vsako sekundo risanke narišejo npr. 16 sličic, ki jih potem posnamejo na filmski trak. Ko se filmski trak zavrti, junaki risank oživijo.

In zdaj k našemu kolesu. Dogovorimo se, da bomo vrtenje kolesa opazovali v sistemu, ki se pelje skupaj s kočijo. V našem sistemu bo kočija mirovala, prav tako tudi os kolesa.

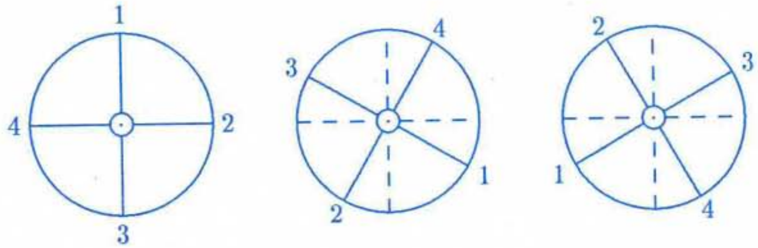


Slika 1. Prvi trije posnetki kolesa, če se kolo vrti s kotno hitrostjo $\omega = 12,57$ rd/s.

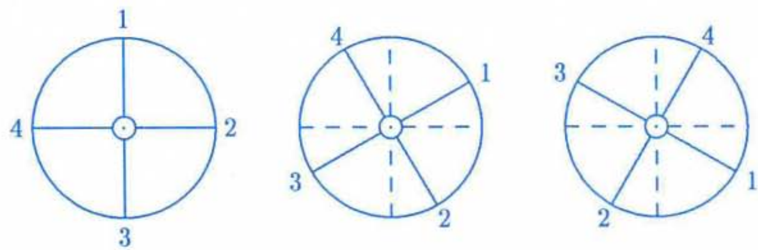
Izberimo si kolo s štirimi prečkami, ki jih po vrsti označimo z 1, 2, 3, 4 (slika 1). Prvi posnetek naj kamera naredi ob času $t = 0$, drugega ob času $t = \frac{1}{24}$ s, tretjega ob času $t = \frac{2}{24}$ s, ... Če se kolo zavrti v $\frac{1}{24}$ s za kot $\alpha = 30°$ v smeri urinih kazalcev, nam slika 1 kaže lego prečk na prvih treh posnetkih. Iz enačbe

$$\omega = \frac{2\pi}{t_0} \tag{1}$$

lahko hitro izračunamo kotno hitrost ω. V gornji enačbi pomeni t_0 obhodni čas, to je čas, v katerem kolo naredi en poln obrat. V našem primeru je obhodni čas $t_0 = 0,5$ s, kotna hitrost pa $\omega = 12,57$ rd/s. Pri opazovanju posnetka se nam bo zdelo, da se kolo vrti s to kotno hitrostjo v smeri gibanja urinih kazalcev. Zaenkrat torej nič nenavadnega.



Slika 2. Prvi trije posnetki kolesa, če se kolo vrti s kotno hitrostjo $\omega = 50,27$ rd/s.



Slika 3. Prvi trije posnetki kolesa. če se kolo vrti s kotno hitrostjo $\omega = 25,13$ rd/s.

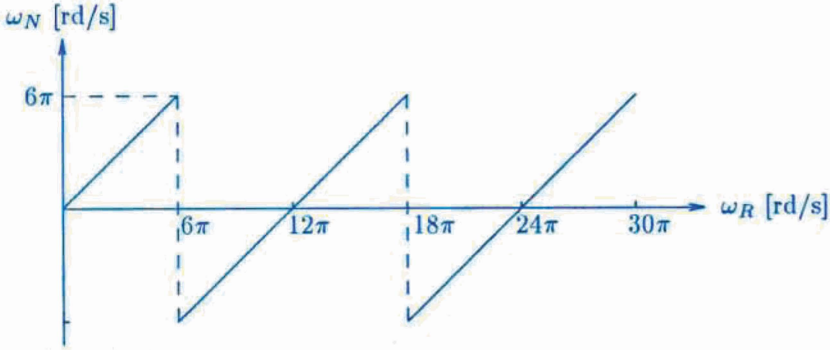
Kaj pa, če se kolo zavrti v $\frac{1}{24}$ s za kot $\alpha = 120^\circ$? V tem primeru nam lego prečk na prvih treh posnetkih kaže slika 2. Resnično kotno hitrost kolesa tudi v tem primeru v hipu izračunamo. Obhodni čas je $t_0 = \frac{3}{24}$ s, kotna hitrost pa $\omega = 50,27$ rd/s. Ker pa ne moremo ločiti med sabo posameznih prečk, ki so med seboj enake, bomo imeli o vrtenju zmotno predstavo: "pomotoma" bomo zamenjali drugi posnetek na sliki 2 z drugim posnetkom na sliki 1, tretji posnetek na sliki 2 pa s tretjim posnetkom na sliki 1. Še vedno se nam bo torej zdelo, da se kolo vrti s kotno hitrostjo $\omega = 12,57$ rd/s! Enako kotno hitrost bomo zaznali tudi v vseh primerih, v katerih se bo kolo zavrtelo v $\frac{1}{24}$ s za kot $30^\circ + n \cdot 90^\circ$ (n = 1, 2, 3, ...). Resnična kotna hitrost pa bo z naraščajočim n seveda naraščala.

Oglejmo si sedaj primer, ko se kolo zavrti v $\frac{1}{24}$ s za kot $\alpha = 60^\circ$. V tem primeru nam lego prečk na prvih treh posnetkih kaže slika 3. Resnična kotna hitrost, s katero se vrti kolo, je $\omega = 25,13$ rd/s. Pri opazovanju posnetka bomo videli, da se je prečka 1 zavrtela s svojega začetnega položaja za 30° v nasprotni smeri gibanja urinih kazalcev. Enako velja za prečke 2, 3 in 4.

Podobno bomo dojeli tudi tretji posnetek na sliki 3. Skratka, zdelo se nam bo, da se kolo vrti v nasprotni smeri gibanja urinih kazalcev, in sicer s kotno hitrostjo $\omega = 12,57$ rd/s. Ker smo že prej ugotovili, da ne opazimo razlike v kotni hitrosti, če prištejemo k izbranemu začetnemu kotu še kot $n \cdot 90^\circ$, lahko tudi tu povemo, da bomo v vseh primerih, v katerih se bo kolo v $\frac{1}{24}$ s zavrtelo za kot $60^\circ + n\ 90^\circ$, zaznali kotno hitrost $\omega = 12.57$ rd/s v nasprotni smeri gibanja urinih kazalcev.

In kje je tista meja, ko se nam smer vrtenja kolesa navidezno obrne? Če bi se kolo v $\frac{1}{24}$ s zavrtelo za kot $\alpha = 45^\circ$ (oziroma za kot $\alpha = 45^\circ + n \cdot 90^\circ$), bi se nam enkrat zdelo, da se kolo vrti v smeri gibanja urinih kazalcev, drugič pa spet, da se vrti v nasprotni smeri. V našem primeru je torej meja pri kotni hitrosti $\omega = 18,85$ rd/s (oziroma $\omega = 18,85$ rd/s $+\ n \cdot 38,70$ rd/s).

Za konec narišimo še graf navidezne kotne hitrosti ω_N v odvisnosti od resnične kotne hitrosti ω_R.



Slika 4. Graf navidezne kotne hitrosti ω_N v odvisnosti od resnične kotne hitrosti ω_R.

Poskušajte ugotoviti, kaj pomenijo točke, kjer daljice v našem grafu sekajo vodoravno os! Kako bi povezali kotno hitrost kolesa s hitrostjo, s katero se pelje avto? Kako se računi spremenijo v primeru, ko je število prečk na kolesu drugačno? Pa prijetno zabavo!

Božidar Casar