

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik 22 (1994/1995)

Številka 6

Strani 328-331

Zoran Arsov:

OPAZOVANJE IZTOČNEGA VRTINCA

Ključne besede: fizika, Coriolisova sila, iztočni vrtinec, oblika vrtnca, meteorologija, cikloni.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/22/1238-Arsov.pdf>

© 1995 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

© 2010 DMFA - založništvo

Vse pravice pridržane. Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez poprejšnjega dovoljenja založnika ni dovoljeno.

OPAZOVANJE IZTOČNEGA VRTINCA

V prejšnji številki Preseka smo prebrali članek o iztočnem vrtincu. Vrtinec je zabaven vsakdanji pojav, ki ponuja veliko fizikalnih vprašanj. Večina jih je precej zapletenih, tako da je v literaturi težko najti izčrpno razlago pojava. Vseeno si lahko na nekatera vprašanja poskušamo odgovoriti sami.

Pojav vrtinčenja ni nujno odvisen od prisotnosti Coriolisove sile (npr. turbulentno gibanje). Zato se iztočni vrtinec oblikuje tudi v opazovalnem sistemu, kjer ni sistemskih sil. Opazujemo posodo s kapljevino, ki ima na dnu odprtino. Na začetku delčki kapljevine ohranjajo smer gibanja proti odprtini, saj prečnih sil ni. Pri veliki odprtini na dnu posode vrtinčenja ne opazimo. Če odprtino zmanjšamo pod določeno mejo, pa nastane vrtinec.

Za ponazoritev naredimo enostaven poskus. Prvič v posodo natočimo sadni sirup, drugič vodo in opazujemo, ali nastane vrtinec ali ne. Rezultate predstavimo s tabelo 1.

	velika odprtina	srednja odprtina	mala odprtina
voda	–	+	+
sirup	–	–	+

Tabela 1. Nastanek vrtinca v odvisnosti od viskoznosti kapljevine in velikosti iztočne odprtine.

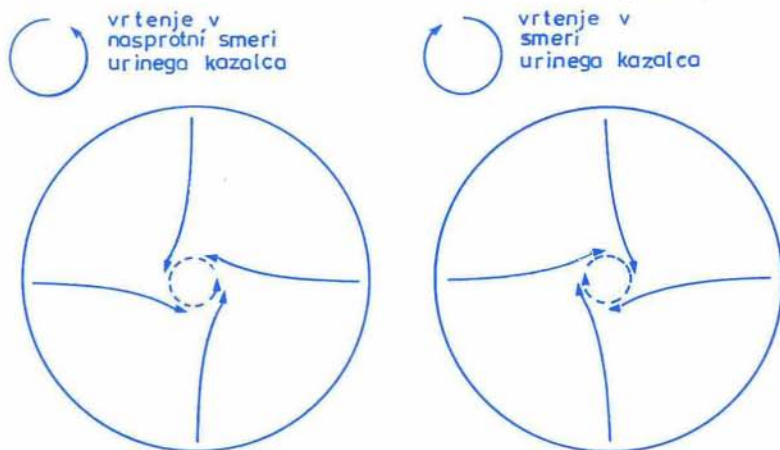
Izkaže se, da je nastanek vrtinca odvisen tudi od narave kapljevine. Pri kapljevinah z manjšo viskoznostjo ga opazimo prej.

Prisotnost sistemskih sil je pomembna pri napovedi smeri vrtenja. Če se opazovanja lotimo v kopalnici, je težko kaj reči o smeri vrtenja, saj so izidi opazovanj različni. Razlog so premalo nadzorovane okoliščine, v katerih izvajamo poskus. Težavam se izognemo, če opazujemo v neinercialnem sistemu, ki se glede na Zemljo vrti s tolikšno kotno hitrostjo, da postane Zemlja pri naši natančnosti inercialni sistem. Zato je vpliv Coriolisove sile na kapljevino dovolj velik, da premaga motnje. Tak sistem je npr. otroški vrtiljak.

V sistemu vrtiljaka smo opazovali iztočni vrtinec v posodi z radijem 5 cm. Po več ponovitvah se smeri vrtenja med seboj niso razlikovale. Primerjajmo pogoje v kopalnici in na vrtiljaku. Koordinatni sistem, ki je vezan na Zemljo, se na naši zemljepisni širini $\alpha = 46^\circ$ vrti s kotno hitrostjo $\omega = 5,2 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$. Vrtiljak sem ročno poganjal s kotno hitrostjo enega obrata v 24 s (namesto

24 urah), kar da $\omega' = 0,26 \text{ s}^{-1}$ (približno pettisočkrat več od ω). Ponovimo račun iz članka *Iztočni vrtinec*. Hitrost delov kapljevine v kopalnici mora biti pred začetkom poskusa manjša kot $2,6 \cdot 10^{-4} \text{ cm/s}$, da se razvije iztočni vrtinec v pravi smeri. Na vrtiljaku je ta hitrost že $1,3 \text{ cm/s}$. Ta pogoj lahko hitro dosežemo, saj moramo vodo pustiti mirovati le nekaj minut (namesto nekaj dni).

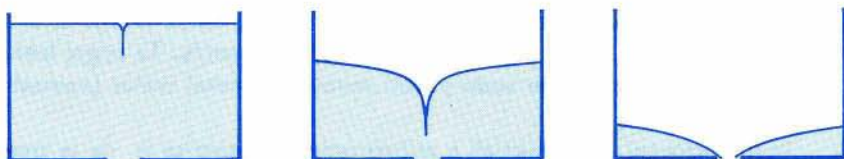
Izidi opazovanj so se ujemali s pričakovanji. Izkazalo se je, da je smer vrtenja vrtinca enaka smeri vrtenja opazovalnega sistema (slika 1).



Slika 1. Smer vrtenja vrtinca v odvisnosti od smeri vrtenja vrtiljaka.

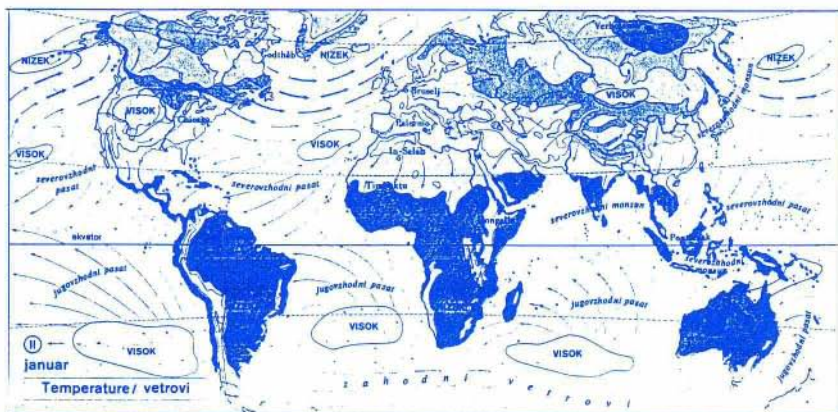
Poskus bi se dalo še lepše izvesti na obsežnejši vrteči se ploščadi. Možna bi bila namreč uporaba posode večjih razsežnosti (višja posoda z večjim radijem). Tako bi lažje fotografirali sam vrtinec ter neposredno merili hitrosti delčkov tekočine na različnih oddaljenostih od osi posode. Opisano opazovanje je bilo zanimivo še zato, ker se je dalo smer vrtenja vrtiljaka spreminjati. S tem smo lahko pogoje v opazovanem sistemu primerjali z okoliščinami na severni (smer vrtenja Zemlje v smeri proti urinemu kazalcu) in južni polobli (smer vrtenja Zemlje v smeri urinega kazalca).

Med opazovanjem tudi ugotovimo, da se vrtincu spreminja oblika med praznjenjem posode. Če je v posodi več vode, je vrtinec ožji. Voda pritiska proti odprtini, delci v vrtincu pa pritisku nasprotujejo zaradi vrtenja (zaradi centrifugalne sile). Ko nekaj vode izteče, se pritisk zmanjša, zato vrtinec postaja širši (slika 2).



Slika 2. Oblika vrtinca v odvisnosti od višine vode v posodi.

Vrtincu podobne pojave opazimo v meteorologiji. Tako dobimo značilne oblike ciklonov (slika 3), kjer zrak teče proti področjem z nižjim tlakom, in je zato smer vrtenja ciklona enaka smeri iztočnega vrtinca. Pri anticiklonih je smer obratna (slika 3).



Slika 3. Smer vrtenja ciklonov (območje nizkega zračnega pritiska) in anticiklonov (območje visokega zračnega tlaka) na severni in južni polobli.

Prisotnost velike Coriolisove sile v našem opazovalnem sistemu lahko koristno uporabimo tudi pri opazovanju Foucaultovega nihala (slika 4). Mesto, kjer je nihalo pritrjeno na vrtiljak, ni pomembno (kotna hitrost je na vseh mestih enaka). Opazoval sem spremembe nihanja glede na dolžino uporabljene vrvice in mase obešene kroglice. Najboljše rezultate (najmanj motenji pri nihanju) dobimo pri uporabi dolge vrvice in težke kroglice. Prvo je pomembno zaradi ugodne frekvence, drugo pa zaradi vztrajnosti.

