

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik **9** (1981/1982)

Številka 2

Strani 121-125

Andrej Čadež:

O SATURNOVIH OBROČIH

Ključne besede: astronomija.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/9/537-Cadez.pdf>

© 1981 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

© 2009 DMFA - založništvo

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



O SATURNOVIH OBROČIH

Saturn s svojimi obroči je za opazovanje s teleskopom gotovo najzanimivejši planet. Posebej zanimiv pa je sedaj, ko se mu je približala vesoljska sonda Voyager in je posredovala na Zemljo veliko podatkov o njem, njegovih obročih in njegovih satelitih.

Nenavadno podobo Saturna v teleskopu je prvi opazil Galileo Galilei. Njegov teleskop ni bil dovolj dober, da bi videl obroč, ampak se mu je zdelo, da se centralnega diska planeta dotikata z vsake strani še dva manjša diska. Dobrih štirideset let kasneje pa je Christian Huyghens izdelal boljši teleskop, s katerim je že lahko videl, da je Saturn obdan z obročem, ki se planeta nikjer ne dotika.

V dolгих letih opazovanj se je nabralo mnogo podatkov o zgradbi obročev. Tako je npr. Cassini opazil, da je Saturnov obroč sestavljen vsaj iz dveh koncentričnih delov. Poleg tega so kmalu videli, da se nam Saturn na svoji poti okrog Sonca kaže v različnih perspektivah. Včasih obroči skoraj izginejo, ker jih vidimo od strani, drugič pa jih vidimo pod večjim kotom in se nam zato zdijo večji. Ob posebnih priložnostih obroč celo zakrije kakšno zvezdo, ki pa se še vedno delno sveti skozenj. Z Dopplerjevim pojavom pri sončni svetlobi, ki se odbije od obroča, so uspeli celo izmeriti hitrost kroženja posameznih delov obroča glede na Saturn. Ugotovili so, da se notranji deli obroča vrte hitreje od zunanjih - obroči se torej ne vrte kot togo telo.

Danes vemo, da sestavljajo obroče večje in manjše skale (Voya-

gerjevi podatki kažejo, da je njihov tipični premer 1 m), ki krožijo okrog Saturna. Skupna masa obročev je zelo majhna v primerjavi z maso Saturna, zato je gravitacijska sila med skalami v obroču zelo majhna. V tem sistemu ima veliko maso le Saturn in zato samo ta odloča o gibanju majhnih skal okoli njega.

V šoli smo se učili, da krožijo planete okrog Sonca po elipsah, s Soncem v enem gorišču povprečna hitrost kroženja pa pada s kvadratnim korenom iz povprečne razdalje od Sonca. Za kamenje, ki kroži okrog Saturna, veljajo enaki naravni zakoni, kot velja jo za planete okrog Sonca; torej tudi kamenje lahko kroži okrog Saturna po elipsah, v katerih enem gorišču je Saturn, povprečna hitrost pa je obratno sorazmerna s kvadratnim korenom iz povprečne oddaljenosti od Saturna.

Vendar je med planeti in kamni okrog Saturna razlika: planeti so zelo zelo redko posejani, kamni okrog Saturna pa so si precej blizu, tako blizu, da pride med njimi do trkov, če ne upoštevajo prometnega režima. Ta režim bomo morda lažje razumeli, če se ozremo na verjetni začetek obročev. Tedaj so imeli kamni različne hitrosti tako po velikosti kot po smeri - samo v povprečju je kamenje krožilo okrog Saturna. Kot nam povedo zakoni gibanja, se je vsak kamen gibal po elipsi z goriščem v središču Saturna. Nekatere elipse so bile bolj sploščene, druge manj, zato je obstajala možnost, da se dva kamna zaletita med seboj s precej veliko relativno hitrostjo. Če pogledamo sliko 1, lahko uganemo, da so trki tem pogostejši, čim bolj ekscentrične so elipse, po katerih krožijo kamni. Rezultat trka sta lahko zopet dva kamna, ki odletita vsak v svojo smer, lahko je en sam sprimek, lahko pa se kamna razdrobita v manjše kose. Delci, ki ostanejo, se zopet gibljejo po elipsah z različnimi ekscentričnostmi, ki so le malo odvisne od ekscentričnosti pred trkom. Nekatere kamni so tako po trku na bolj, drugi pa na manj ekscentričnih elipsah. Vendar pa bo kamen na ekscentrični elipsi, po prejšnjem, mnogo pogostejše trčil kot kamen, ki kroži. Končni rezultat je seveda ta, da je vse več kamnov, ki obkrožajo Saturn po krogih, in vse manj takih, ki krožijo po ekscentričnih elipsah. V milijardah let, odkar verjetno obstajajo Saturnovi obroči, je

bilo dovolj možnosti, da se vsi kamni na opisani način vtirijo v krožne tire. Hitrost kroženja vsakega kamna (v) je sorazmerna s kvadratnim korenem oddaljenosti kamna (r) od središča Saturna* po formuli

$$v = \sqrt{\kappa M_S / r}$$

Tu je κ gravitacijska konstanta

$$\kappa = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2,$$

M_S pa je Saturnova masa, ki je (95 kratna masa Zemlje):

$$M_S = 5,68 \cdot 10^{26} \text{ kg}.$$

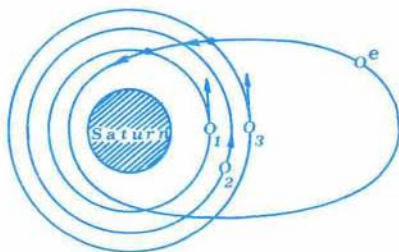
Tako lahko izračunamo, da je hitrost kamna na notranjem robu obroča v oddaljenosti 80 000 km od središča Saturna okrog 22 km/s, deli zunanjšega roba, ki je pri približno 140 000 km, pa se vrte s hitrostjo 16,5 km/s.

Tudi delitev obroča na dva dela, ki jo je prvi opazil Cassini, je bilo mogoče razmeroma kmalu pojasniti. V prejšnjem odstavku smo omenili, da Saturn zaradi velike mase v glavnem odloča o gibanju satelitov v svoji okolici. Učinek Saturnovih lun (luna rečemo satelitu, ki je večji od nekaj km, danes je znanih šest-najst teles, ki obkrožajo Saturn in niso del obročev) je v splošnem zanemarljiv; njihova gravitacijska sila povzroča majhne periodične odmike kamnov v obroču od kroženja. Izjema pa nastopi takrat, kadar je obhodni čas lune cel mnogokratnik obhodnega časa kamna okrog Saturna. Pravimo, da pride tedaj kamen v *resonanco* z luno. Majhni odmiki od povprečne lege se v takem primeru s časom seštevajo, tako da je po dovolj dolgem času njihov rezultat znaten. Take motnje počasi povečujejo ekscentričnost tira. Zato se tak kamen prej ali slej zaleti v drug kamen, ki kroži in ki je v povprečju bolj ali manj oddaljen od Saturna. Končni rezultat resonančne motnje je, da se tir, na katerem je obhodna doba sorazmerna z obhodno dobo ene od Saturnovih lun, hitro izprazni. Vrzel, ki jo je prvi opazil Cassini, se lepo ujema s tako resonanco Saturnove lune imenovane Iapetus.

* Tisti, ki ste pri fiziki že obravnavali kroženje iz Newtonov gravitacijski zakon, lahko takoj vidite odkod ta formula.

Vse do Voyagerjevih podatkov so astronomi dobro razumeli opazovanja Saturna. Nova opazovanja so namreč prihajala dovolj počasi, da so mogli sproti odgovarjati na uganke, ki so jih prinašala. Voyager pa je poslal na Zemljo hkrati toliko podatkov, da vseh še niso uspeli uskladiti s teoretičnimi računi. Posebno zanimanje so vzbudile Voyagerjeve fotografije Saturnovih obročev, na katerih so se kazali nekakšni prameni, ki se podobno kot prečke vrtijo z obročem. Nekateri so zato prehitro sklepali, da se vrtil obroč kot kolo, torej kot togo telo. Voyager je kmalu poslal v vesoljski center podrobnejše podatke, s katerimi je bilo mogoče vsaj v glavnem razvozlati skrivnost prečke. Ugotovili so, da sestavljajo špice prašni delci, ki so manjši od 1/1000 milimetra, prečke pa se vrte v obročih s kotno hitrostjo, ki je enaka kotni hitrosti Saturna.

Kamen, ki se giblje po močno ekscentrični elipsi (e) lahko tiči s katerikoli kamnom (1,2,3), ki kroži okoli Saturna. Vsak krožeči kamen pa lahko trči samo s kamnom e . Pravimo, da je verjetnost za trk pri kamnu e mnogo večja kot pri kamnih 1, 2, 3...



Na osnovi teh in še nekaterih drugih podatkov in domnev o naravi Saturnovih obročev je mogoče sklepati, da so prečke prašni naelektreni oblaki v Saturnovih obročih. Zelo droben prah (ta je nastal in nastaja ob trkih večjih kamnov) se verjetno naelektri, podobno kot se naelektrijo vodne kapljice v oblakih na Zemlji pred nevihto. Naelektreni prašni delci "čutijo" magnetno polje Saturna (vemo, da to polje obstaja, ker je bilo izmerjeno), ki se vrtil z drugačno kotno hitrostjo kot obroči. Zato naelektreni delci ne morejo slediti krogom, ki jih opisujejo nenabiti delci v obroču, ampak jih magnetno polje potegne proti zunanjemu ali notranjemu delu obroča, pač glede na to ali nosijo pozitivni ali negativni naboj. Prašne sledi takih delcev opazimo kot

prečke v Saturnovem obroču.

Od Voyagerjevih podatkov vzbuja med znanstveniki posebno zanimanje dejstvo, da so Saturnovi obroči mnogo bolj razčlenjeni, kot so pričakovali na osnovi opazovanj z Zemlje. Obročev je namreč več kot sto. Prav tako so Voyagerjeva opazovanja potrdila obstoj šestnajstih Saturnovih lun - dve majhni na novo odkriti lunici sta prav na robu najbolj oddaljenega obroča.

Pokazalo se je, da bi morali precejšnje število na novo odkritih vrzeli v obročih pričakovati že prej na osnovi teorije resonanc z znanimi Jupitrovimi lunami, vendar pa se vsaj za zdaj zdi, da vseh vrzeli le še ne znamo preprosto pojasniti. Verjetno bo treba Voyagerjeve podatke obdelovati še nekaj časa, preden bo mogoče najti vzroke za vsako posamezno vrzel v obročih.

Andrej Čadež
