

# **PRESEK**

**List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje**

ISSN 0351-6652

Letnik 33 (2005/2006)

Številka 2

Strani 28-29

Marijan Prosen:

## **ARHIMED IN ASTRONOMIJA**

Ključne besede: zgodovina znanosti, astronomija, Arhimed, zorni kot Sonca, nebesni globus.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/33/1615-Prosen.pdf>

© 2005 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.



V ASTRONOMIJI SE NAM VELIKI UM ČLOVEŠTVA PREDSTAVLJA KOT PRAKTIK, TO JE

## Arhimed in astronomija

Arhimedova slava je večna. O življenju največjega matematika starega veka vemo razmeroma malo. Ohranilo se je le nekaj nametanih podatkov. Dosti več vemo o njegovem delu. Arhimed se je rodil v me-

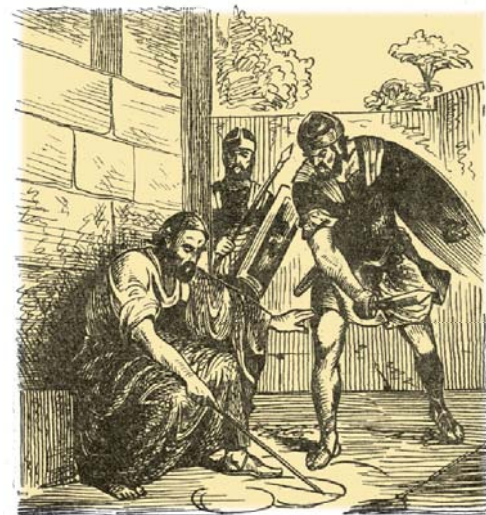
Marijan Prosen

stu Sirakuze na otoku Sicilija, kjer je bil njegov oče astronom. Šolal se je v Aleksandriji. Tu se je npr. srečal z astronomom, matematikom in geografom Eratostenom, ki je prvi izmeril obseg Zemlje. V rodno mesto se je vrnil kot zrel matematik. Od tedaj dalje in vse do svoje smrti je tam deloval tudi kot gradbeni inženir – izumitelj oziroma konstruktor vojaških naprav (katapultov). Najbolj zanesljivi podatek, ki ga poznamo iz Arhimedovega življenja, je njegova smrt. Umril je na koncu druge punske vojne, ko je branil mesto pred Rimljani in ga je ubil rimski vojak. Ob koncu svojega življenja se je Arhimed ukvarjal tudi z astronomijo, vendar so se njegova astronomska dela izgubila. Ohranjena so le po pripovedih oziroma zapisih poznejših znanstvenikov.



**Slika 1.** Arhimed (okoli 287–212 pr.n.št.)

Dobro se je ohranil zapis rimskega pisatelja Tita Livija (59 pr.n.št. – 17 n.št.) o zadnjih dogodkih pri obleganju Sirakuz, ki so jih v naskoku zavzeli Rimljani. Livij piše, da je bil Arhimed eden od vodij obrambnega sistema (v dolžini 18 km) rodnega mesta in da je neposredno sodeloval pri obrambi. Verjetno je bilo nekaj dni silovitega obleganja, zadnja noč brez spanca, zadnji napad in vdor Rimljanov v mesto ter njegov padec najbolj napet in pretresljiv del Arhimedovega življenja. Zaradi zelo pomembne vloge pri obrambi mesta se zdi malo verjetno, da bi ga rimski vojak ubil ob zatopljenem študiju v pesku zarisanih krogov (pogosto navajajo stavek *Noli turbare circulos meos – Ne dotikaj se mojih krogov*, ki naj bi ga Arhimed izrekel tik pred smrtjo), ampak raje pri dejanskem odporu, v neposrednem boju s sovražnikom.



Arhimed se je lotil in tudi rešil številne matematične, fizikalne in astronomske probleme. Tu se bomo omejili le na njegovo astronomsko delo.

**Slika 2.** Arhimedova smrt – freska iz Pompejev

V astronomiji se nam veliki um človeštva predstavlja kot praktik, to je iznajdljiv in izvrsten opazovalec (na duhovit način je npr. izmeril zorni kot Sonca), kot teoretik (navajal je rezultate meritev glede na središče Zemlje), kot računar (izračunal je nekaj razdalj med planeti in že uporabil način za zapis zelo velikih, tako imenovanih astronomskih števil), kot mehanik in izumitelj (izdelal je model nebesnega globusa). Bil je izredno močna osebnost raziskovalca, v katerem sta se tesno prepletali teorija in praksa, velika ljubezen do opazovanja naravnih pojavov in njihovih posnemanj. Njegov nebesni globus je imel pravzaprav en sam osnovni namen – jasno in učinkovito prikazati gibanja nebesnih teles (planetov). Tako je Arhimed deloval tudi kot posredovalec astronomije širokemu krogu ljudi, danes bi rekli popularizator astronomije.

Tit Livij piše, da je bil Arhimed enkrat opazovalec neba. To najbrž ni naključje. Na Arhimeda se sklicuje veliki astronom antike Klavdij Ptolemaj (70–147), in sicer v zvezi z določitvijo trajanja leta. To vendar-

# ASTRONOMIJA 36'#

$\frac{1}{720} \cdot 360^\circ = 1/2^\circ$   
 Noli turbare circulos meos. 



IZNAJDLJIV IN IZVRSTEN OPAZOVALEC, KOT TEORETIK, KOT RAČUNAR, KOT MEHANIČAR IN IZUMITELJ.

le pomeni, da je bilo Arhimedovo astronomsko delo široko znano. Arhimeda omenja v svojih delih tudi starogrški astronom Hiparh. Poleg tega v enem od svojih del o določitvi razmerja oddaljenosti Sonca in Lune od Zemlje med astronomi Arhimed omenja tudi svojega očeta Fidija. Prav po tem je možno trdno sklepati, da je bil njegov oče zares astronom.

Oglejmo si le odlomek iz njegovega astronomskega delovanja, kakor se je ohranilo po pripovedih. Ob tem si lahko mislimo, da je v astronomiji najbrž naredil še dosti več. Natančneje bomo prikazali njegovo merjenje zornega kota Sonca.

Arhimed takole opisuje svoj način merjenja zornega kota Sonca: »Aristarh je ugotovil, da je zorni kot Sončeve okrogle ploskvice približno 720-del zodijskega kroga (če preračunamo, dobimo  $\frac{1}{720} \cdot 360^\circ = 1/2^\circ$ ; op. pisca). V svojih raziskavah sem poskusil z opisanim načinom, to je s pomočjo opazovalnih naprav najti kot, v katerega je mogoče namestiti Sonce, če je vrh kota v očesu. Ugotoviti natančno vrednost tega kota je zelo zahtevno delo, ker niti oko niti roka in niti opazovalna naprava ne zagotavljajo dovolj velike natančnosti.« Tu gre za zelo redek primer meritve, ohranjene iz antike, kjer se Arhimed celo ukvarja z natančnostjo meritev. To je pomembna pripomba, saj takratni grški astronomi kljub zavidanja vrednim

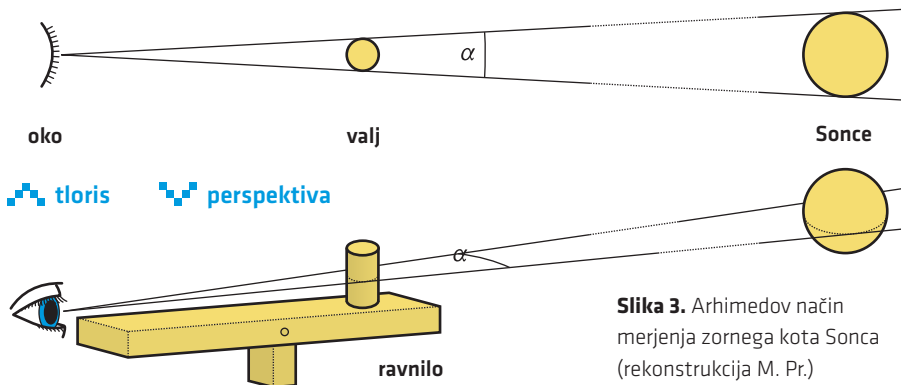
opazovalnim napravam in bistroumnim izračunom niso dajali poudarka natančnosti.

Arhimed je približno takole izmeril zorni kot Sonca. Na ravnilo s podstavkom je v določeni razdalji od očesa postavil pokončen valj. Takoj po Sončevem vzhodu je usmeril ravnilo proti Soncu. (POZOR! Le ko je Sonce zelo blizu obzorja, ga je mogoče včasih neposredno gledati, pa še takrat moramo biti skrajno previdni, saj sončna svetloba lahko poškoduje mrežnico našega očesa. Arhimedovo meritev lahko izvedete le ob skrajni zaščiti oči. Vendar jo odsvetujem, ker je dosti drugih povsem varnih načinov.) Opazoval ga je z enega konca ravnila. Najprej je valj namestil tako, da je pri gledanju popolnoma zakril Sonce. Potem je valj odmikal od očesa toliko časa, da je pri določeni razdalji od očesa ravno še zaznal Sončevo svetlobo hkrati z leve in desne strani valja. Če si predstavljamo oko kot točko, lahko v tem primeru iz očesa narišemo tangenti na valj. Za zorni kot Sonca je ocenil, da je nekoliko večji od kota med tako dobljenima tangentama.

Izmeril je dve vrednosti za zorni kot Sonca:  $\frac{1}{164}$  in  $\frac{1}{200}$  pravega kota (kar je preračunano naj bi ležala iskana vrednost zornega kota Sonca. Rezultat Arhimedovih meritev je sijajen, če samo pomislimo, da je dejanska vrednost zornega kota Sonca  $32'$  (v šoli navadno vzamemo kar  $0,5^\circ$ ) in torej leži med obema mejnima vrednostma.

Arhimed nadalje ugotavlja, da popolnoma natančno tega kota ni mogoče izmeriti. Upošteva celo, da je opazoval Sonce s površja Zemlje in ne njenega središča. Pri izračunu razdalje med središčema Sonca in Zemlje zato vnese ustrezne popravke. Ta novost se je pozneje prenesla v astronomsko prakso.

Način merjenja zornega kota Sonca in razpravljanje o rezultatu meritev nam veliko povesta o Arhimedu kot opazovalcu in o napravah, ki so jih uporabljali astronomi tedanjega časa. Hitro ugotovimo, da je bil Arhimedov »kotomer« primitiven inštrument, način merjenja pa je bil neoporečen. V primeru, da bi povečal razsežnosti valja in ravnila, bi bilo mogoče precej zblížiti mejni vrednosti izmerjenega zornega kota Sonca. Zelo poučno je, da je za masko, ki zasloni Sonce, Arhimed uporabil valj in ne pravokotniške deščice. Očitno je velik učenjak hotel na ta način odpraviti napake, ki bi lahko nastale pri nepravokotni legi deščice glede na zorno smer. Pokončni valj pa zagotavlja pravokotnost in s tem stalnost navidezne oblike maske neodvisno od smeri gledanja.



**Slika 3.** Arhimedov način merjenja zornega kota Sonca (rekonstrukcija M. Pr.)