

Prof. dr. Dragan Gajić

Uvod u astronomiju





Daljine i veličine nebeskih tela

Jedan od prvih ozbiljnijih problema u astronomiji bio je određivanje udaljenosti i veličine nebeskih tela. Savremena astronomija ovaj problem rešava metodom paralakse, koju je u astronomiju prvi uveo Kopernik.

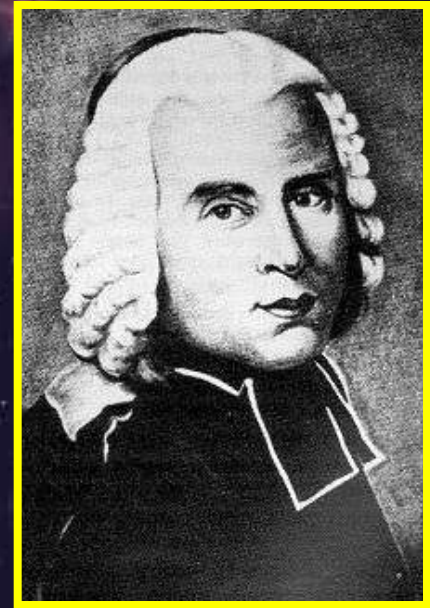
Paralaksa – ugao pod kojim se, iz udaljene tačke vidi data duž (osnovica). Isto – ako se tačkasti predmet posmatra “sa različitih položaja” dolazi do promene položaja njegove projekcije.



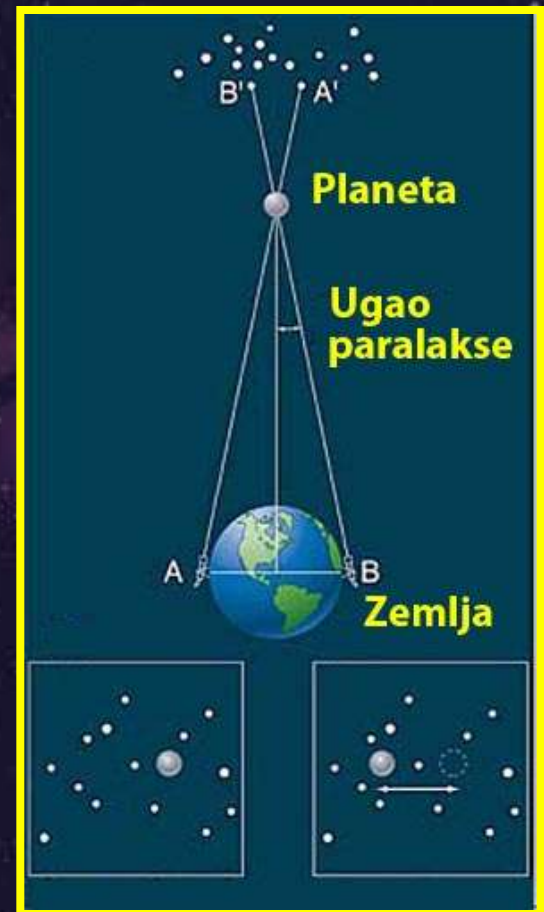
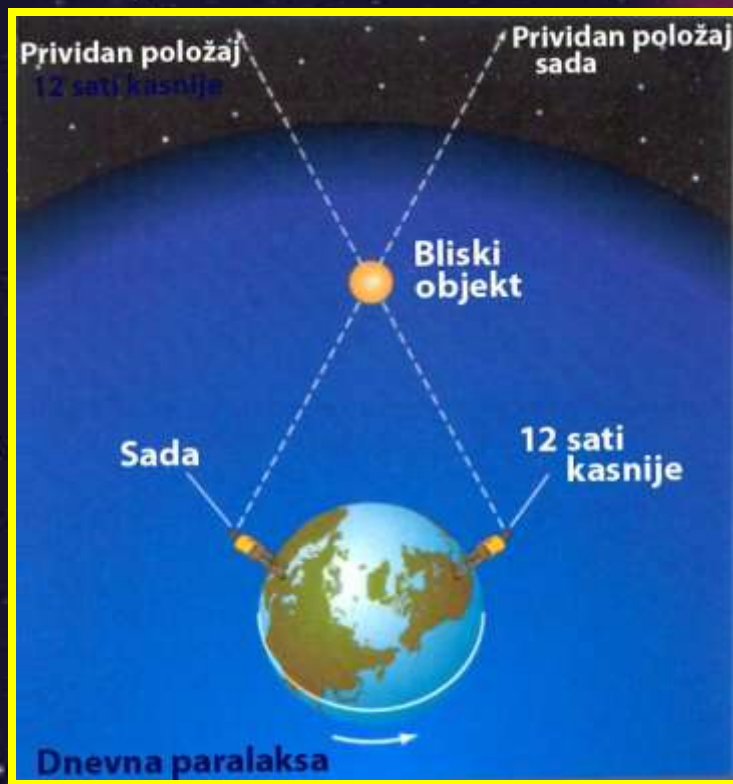
Primer – posmatranje palca ispružene šake naizmenično jednim, pa drugim okom.

Primenom paralakse, iz trigonometrijskih odnosa, moguće je odrediti udaljenost objekata. To se koristi kod relativno bliskih kosmičkih objekata. Na Zemlji ona se primenjuje u geodeziji pri postupcima triangulacije, za određivanje udaljenosti nepristupačnih tačaka.

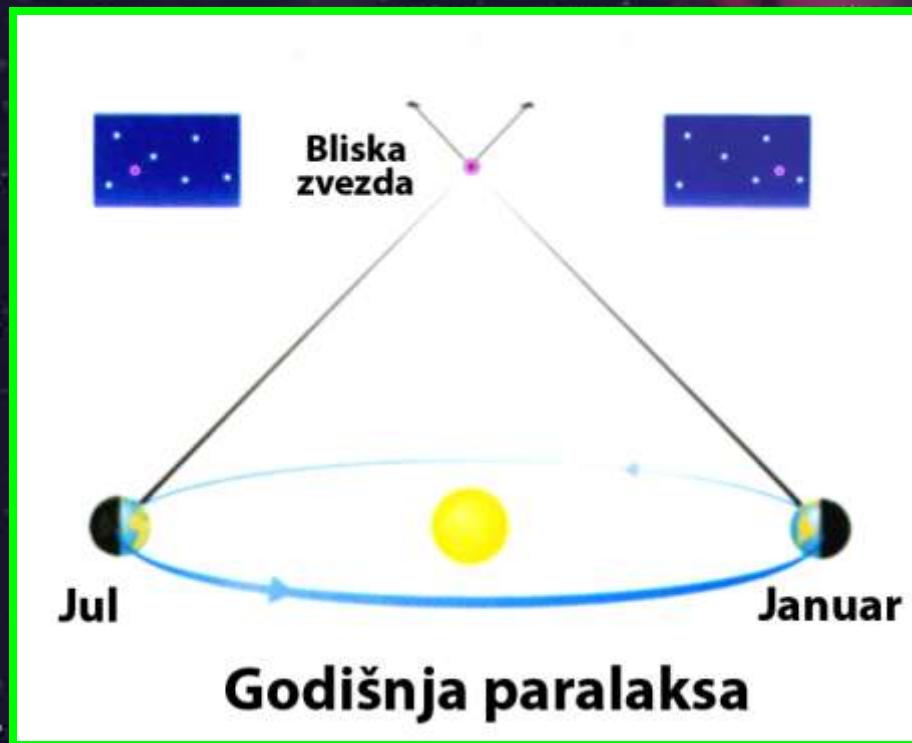
U XVIII veku ovom metodom Laland i Lakaj odredili su daljinu Meseca. Merenja su obavili u Berlinu i Rtu dobre nade.



U astronomiji se koristi različiti oblici paralakse. Kod dnevne paralakse posmatranje se obavlja iz različitih tačaka na Zemljinoj površini (ili sa iste tačke, ali u različito doba dana). Ovaj oblik paralakse primenjuje se za određivanje udaljenosti relativno bliskih objekata, npr. planeta.



Godišnja paralaksa predstavlja ugao pod kojim se sa nekog nebeskog tela vidi srednji poluprečnik Zemljine putanje. Koristi se za određivanje udaljenosti relativno bliskih zvezda. Zvezda se posmatra iz dva različita položaja Zemlje na putanji oko Sunca. Tom prilikom dolazi do pomeranja projekcije zvezde na nebeskoj sferi. Zbog kontinuirane revolucije Zemlje oko Sunca, projekcija zvezde opisuje **paralaktičku elipsu**.



Elipsa “degeneriše” u duž ukoliko posmatrana zvezda leži u ravni ekliptike, a u kružnicu ako je na pravoj koja prolazi kroz Sunce i normalna je na ekliptiku.

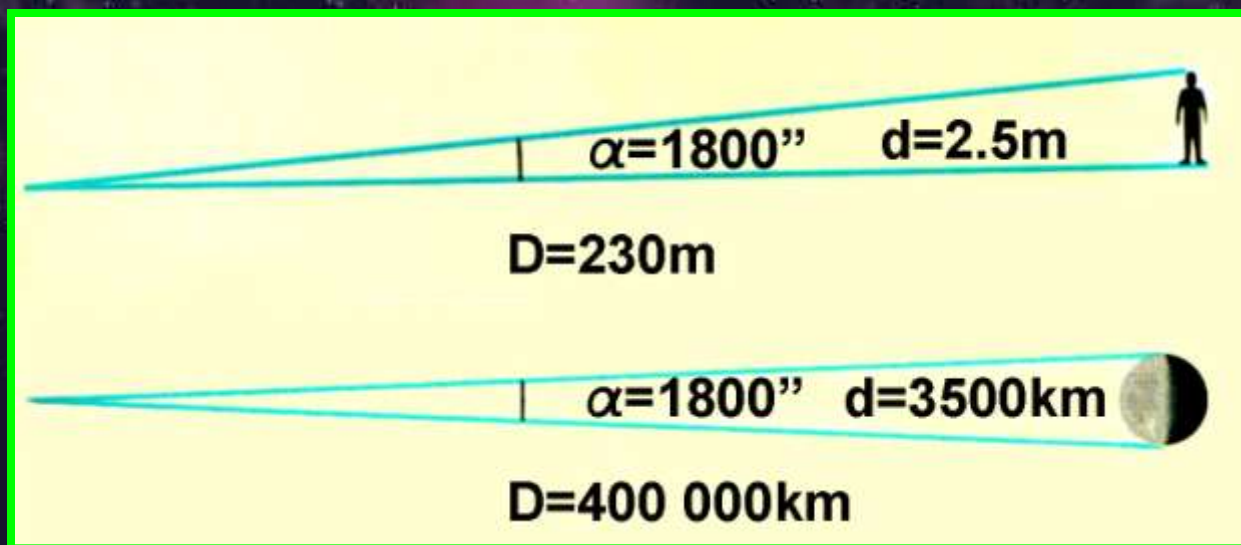
Paralaktička elipsa zvezda utoliko je manja što su zvezde dalje od nas. Zvezdane paralakse su uglovi manji od 1".

Prvi je paralaksu zvezda izmerio Besel 1837. godine za zvezdu 61 Cyg u sazvežđu Labuda. Njena paralaksa iznosila je 0".3. Nama najbliža zvezda Proxima Centaury ima paralaksu 0".76. Za zvezde čije su udaljenosti preko 100 svetlosnih godina godišnja paralaktička elipsa praktično se ne uočava. Na velikim daljinama udaljenost zvezda određuje se npr. fotometrijskim i spektroskopskim metodama.

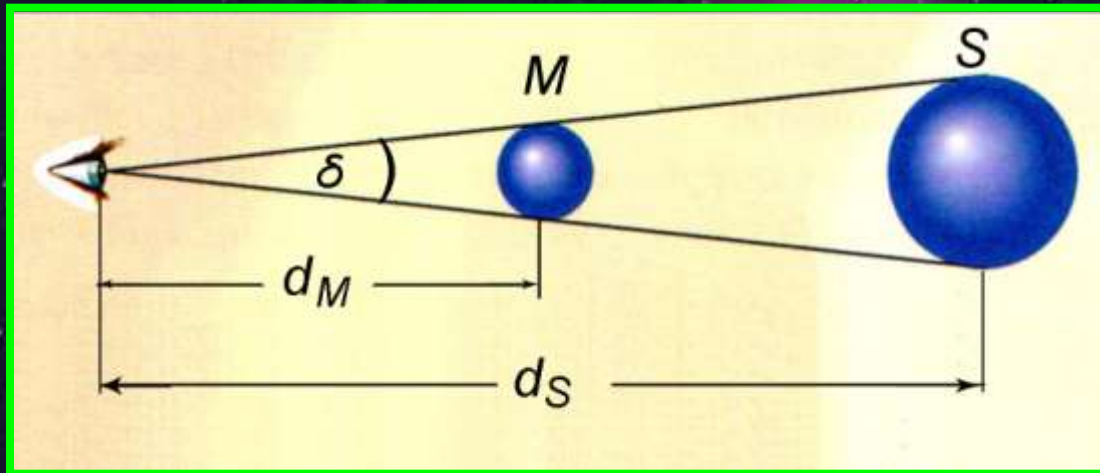
U astronomiji se koristi i vekovna paralaksa, kada se udaljeni objekti posmatraju sa Zemlje na različitim položajima prilikom rotacije Sunca oko središta naše Galaksije.

Tela različitih dimenzija koja se nalaze na različitim rastojanjima od posmatrača mogu se videti pod istim uglom paralakse.

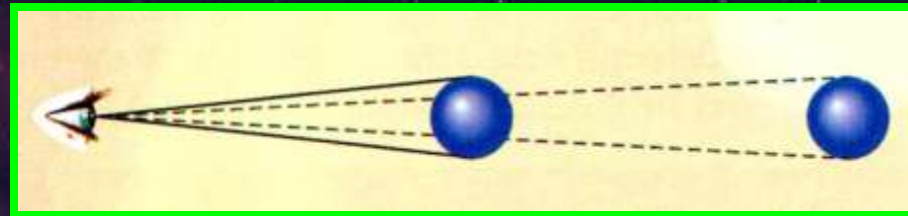
Primer: čovek se sa udaljenosti od 230 m vidi pod istim uglom ($1800''$), kao i Mesec, koji je na rastojanju od oko 384 000 km i čiji je prečnik oko 3476 km.



Slična situacija je prilikom potpunog pomračenja Sunca: iako je Sunčev poluprečnik oko 404 puta veći od Mesečevog, zbog toga što je Sunce, u srednjem oko 390 puta dalje od Zemlje u odnosu na Mesec, njihovi diskovi su za posmatrača sa Zemlje približno jednake veličine.



Slično: isto telo posmatrano sa različitih rastojanja ima različite ugaone dimenzije.



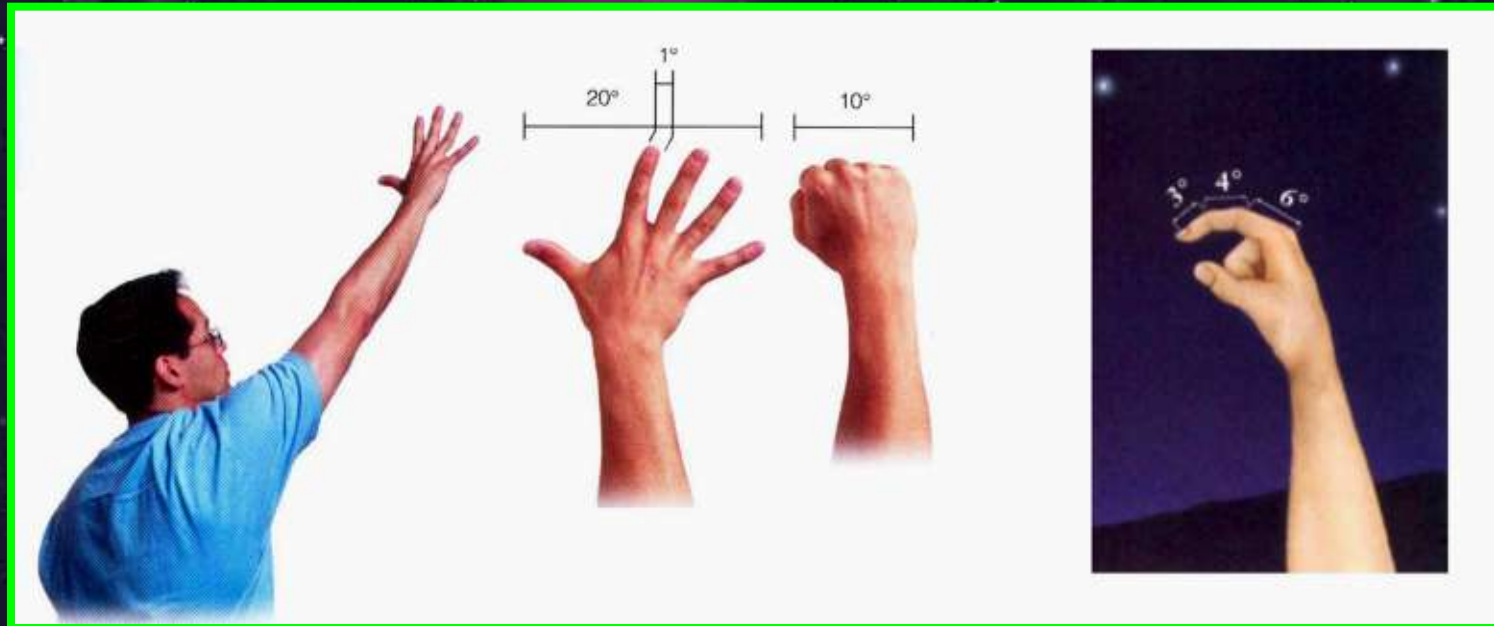
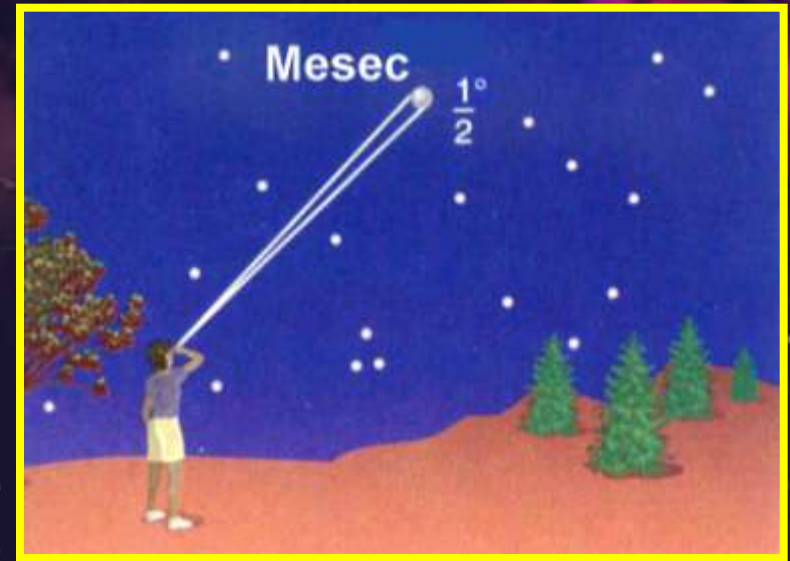
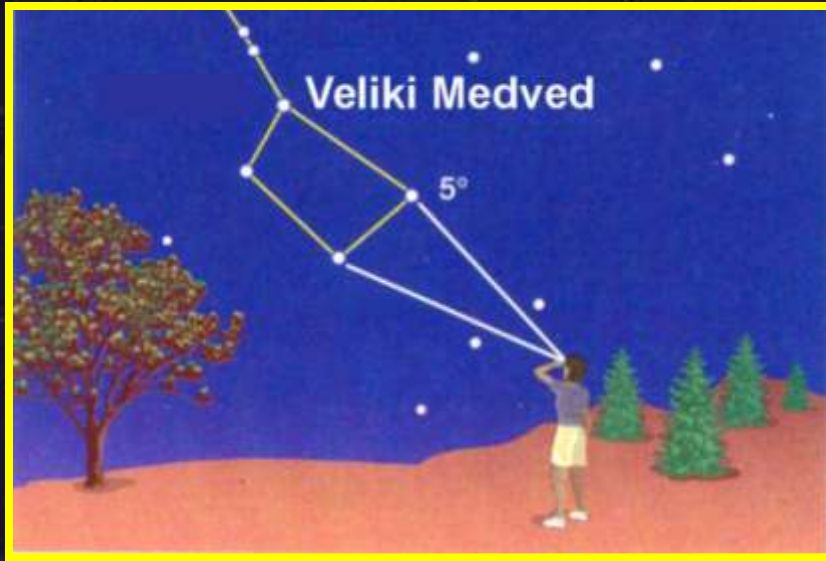
Ako se zna godišnja paralaksa (α), lako se određuje rastojanje (r), od Zemlje do tela. Neka je poluprečnik Zemljine putanje oko Sunca a . Iz trougla ABC je:

$$\sin \alpha = \frac{a}{r}$$

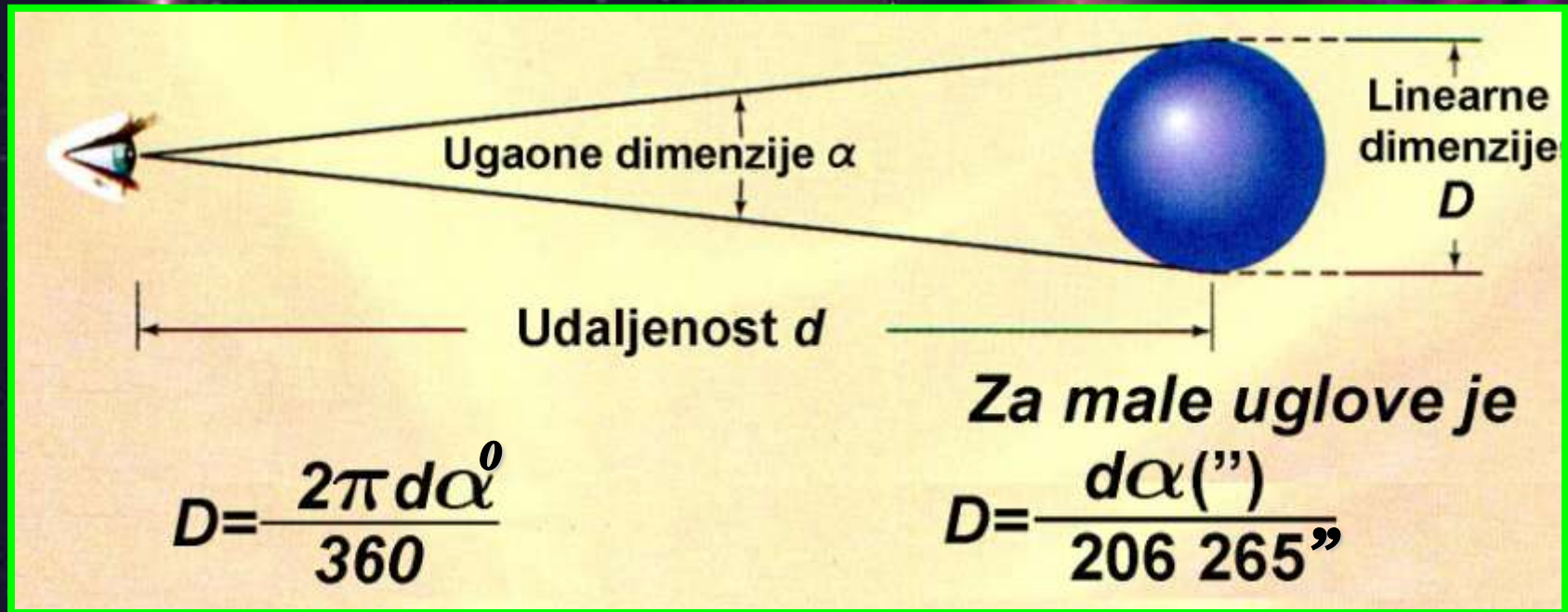
Za male uglove je $\sin \alpha \approx \alpha = a/r$ i kako je $1 \text{ rad} = 206\,265''$. Onda je rastojanje od Zemlje do posmatranog tela:

$$r = \frac{206\,265''}{\alpha (") } a$$

Primeri za grubo određivanje ugaonih dimenzija na nebu:

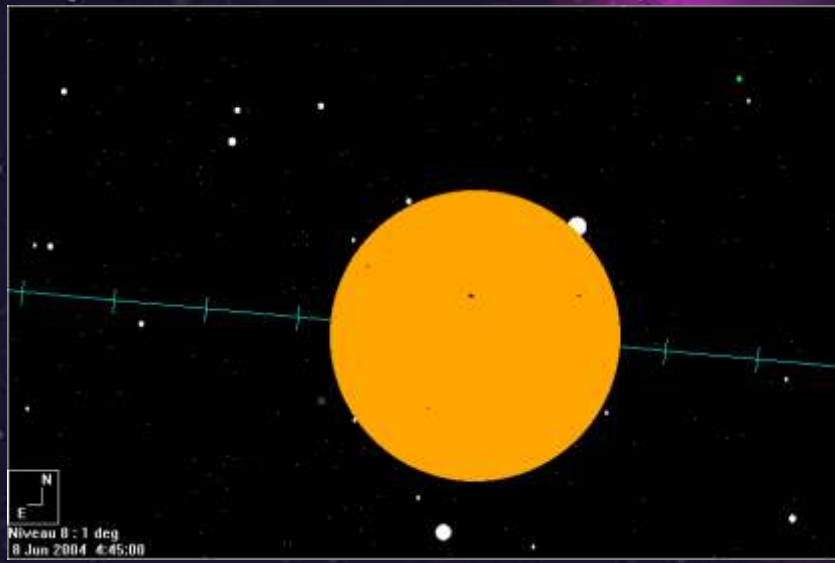
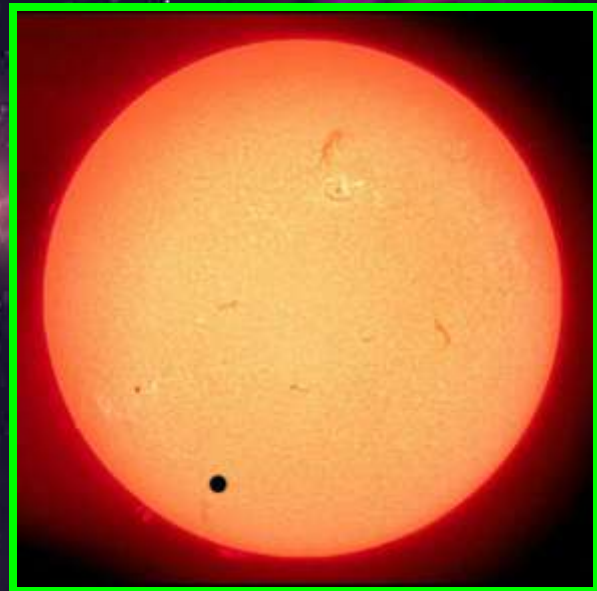


Na osnovu ugla paralakse, odnosno ugaonih dimenzija tela, moguće je odrediti i stvarne (linearne) dimenzije tela (planete) na osnovu tzv. formule malih uglova:



Ovde se udaljenost d planete od Zemlje može pouzdano odrediti iz Trećeg Keplerovog zakona.

Halej je ustanovio da se paralaksa Venere vrlo tačno može da izmeri prilikom njenog tranzita preko Sunčevog diska. Umesto da se meri na nebeskoj sferi pomoću zvezda, ona se određuje na Sunčevom disku. Ta merenja su poslužila za precizno određivanje udaljenosti Zemlje od Sunca.



Astronomske jedinice za dužinu

Astronomska jedinica (AU): za merenje daljina u Sunčevom sistemu. To je dužina koja je približno jednaka srednjem rastojanju Zemlje od Sunca. Iznosi $149\,597\,870\,691 \pm 30\text{m}$ (oko 150 miliona kilometara). U Međunarodnoj astronomskoj uniji koristi se i oznaka "au".



ASTRONOMSKA JEDINICA

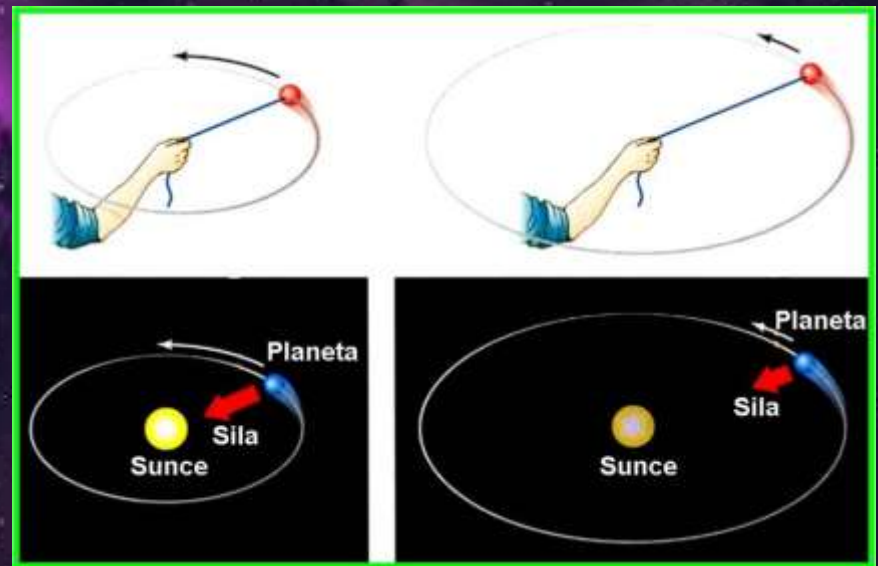
Zemlja – Sunce	1.00 ± 0.02 AJ
Mesec – Zemlja	0.0026 ± 0.0001 AJ
Mars – Sunca	1.52 ± 0.14 AJ
Jupiter – Sunce	5.20 ± 0.05 AJ
Pluton	39.5 ± 9.8 AJ
Kajperov pojas počinje na oko	35 AJ
A završava se na oko	50-55 AJ
Vojadžer 1 – Sunce (februara 2008.)	105 AJ
Ortov oblak počinje na	500-3000 AJ
A završava se na:	100,000 AJ
Uticaj Sunčeve gravitacije dominira do	125,000 AJ
Proxima Centauri (najbliža zvezda posle Sunca)	~268 000 AJ

Aristarh iz Samose je, na osnovu upoređivanja veličine Sunčevog i Mesečevog diska tvrdio da je Sunce od Zemlje oko 20 puta dalje nego Mesec. Eratosten je proračunao da je rastojanje između Zemlje i Sunca (izrazio ga u stadijima; 1 stadij je oko 185 m) između 755 000 km i 149 miliona km).

Interesantan detalj:

Sunce je stabilno već 4.5 milijardi godina. Ipak ono stalno gubi masu. Svake sekunde u fuzionim reakcijama oko 5 miliona tona njegove mase pretvara se u energiju. Godišnje u procesu fuzije ono izgubi oko $1,5 \cdot 10^{17}$ kg svoje mase. Tu su i gubici mase kroz sunčev vetar (10^8 – 10^9 kg/s), izbacivanje mase iz korone. To je zanemarljivo u odnosu na njegovu masu ($1,99 \cdot 10^{30}$ kg), jer je do sada ono izgubilo na taj način tek 0.1% svoje mase, ali ipak...

Smanjenjem mase smanjuje se gravitaciona sila kojom ono drži sva tela u svojoj okolini. To je razlog da se planete blago udaljavaju od Sunca. Osim toga, zbog međusobnih plimskih delovanja dolazi do kočćih efekata i sinhronizacije rotacije planeta i satelita. Zbog zakona održanja momenta količine kretanja planete, odnosno sateliti se međusobno udaljavaju. Tako će se Merkur za dva veka od Sunca udaljiti za 5.5 km. Ovo su zanemarljivo mali efekti, ali ipak dovode do toga da veličina astronomske jedinice nije konstanta.



Svetlosna godina (sg ili LY): dužina koju svetlost u vakuumu pređe za jednu tropsku godinu.

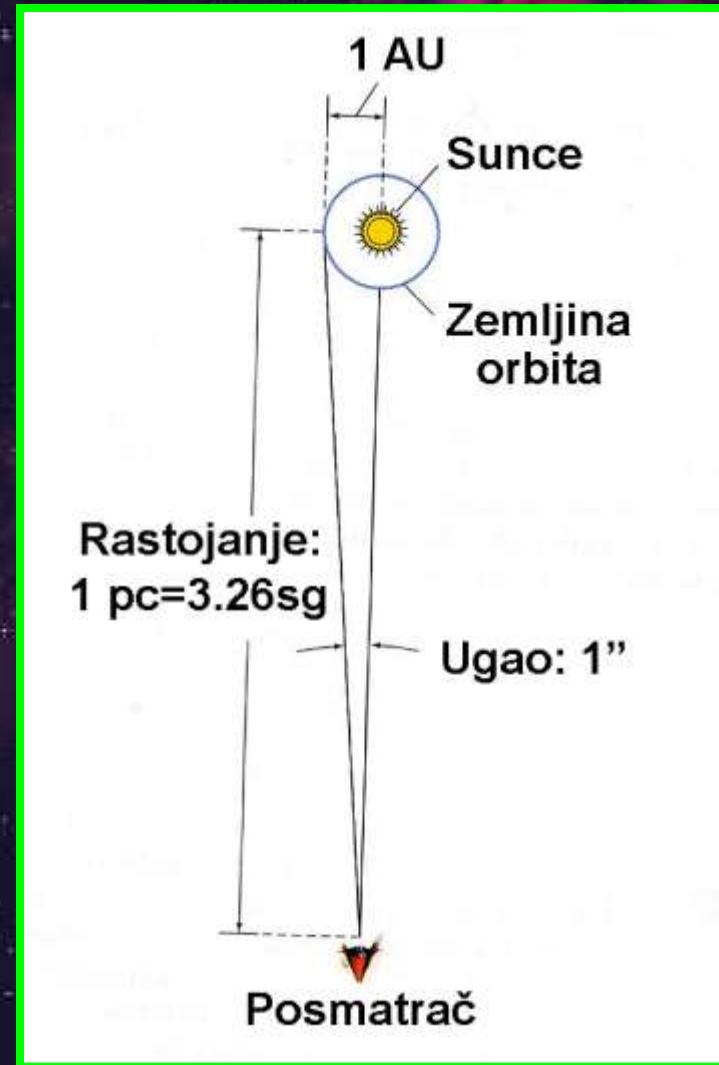
$$1 \text{ sg} = 9.461 \cdot 10^{12} \text{ km} = 63 \text{ 240 AU}$$

Neke udaljenosti u sg: prečnik Ortovog oblaka 2 sg, najbliža zvezda Proksima Kentauri 4.22 sg, udaljenost Sunca od središta Galaksije 26 ksg, dijametar Mlečnog Puta 96ksg, susedna galaksija M31 (Andromedina) 2.1 Msg. Vojadžer 1 je udaljen 13 svetlosnih sati (da bi prešao rastojanje do Proksima Kentauri biće mu potrebno 76 000 god.). Sunce je od Zemlje udaljeno 8.32 svetlosnih minuta.

Parsek (pc): udaljenost sa koje se velika poluosa Zemljine putanje (1 AU) vidi pod uglom od 1". Ime potiče od "paralaksa od jedne lučne sekunde".

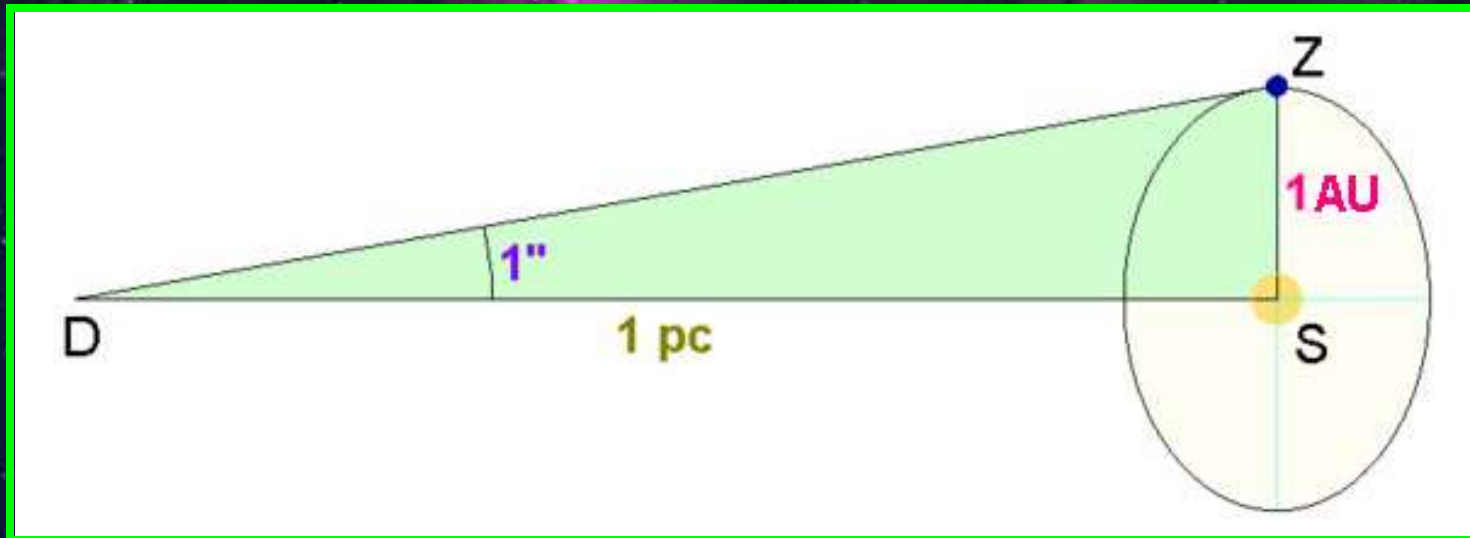
$$1 \text{ pc} = 3.26163 \text{ sg} = 206\,264.8062 \text{ AU} = 3.08567758 \cdot 10^{16} \text{ m}$$

Kao što je pomenuto, prvo direktno merenje na nivou međuzvezdanih rastojanja, na osnovu godišnje paralakse, uradio je Besel 1837. godine za zvezdu 61 Cyg (61 Cygnus – 61 Labuda). Zvezda je udaljena od Sunca oko 150 sg.

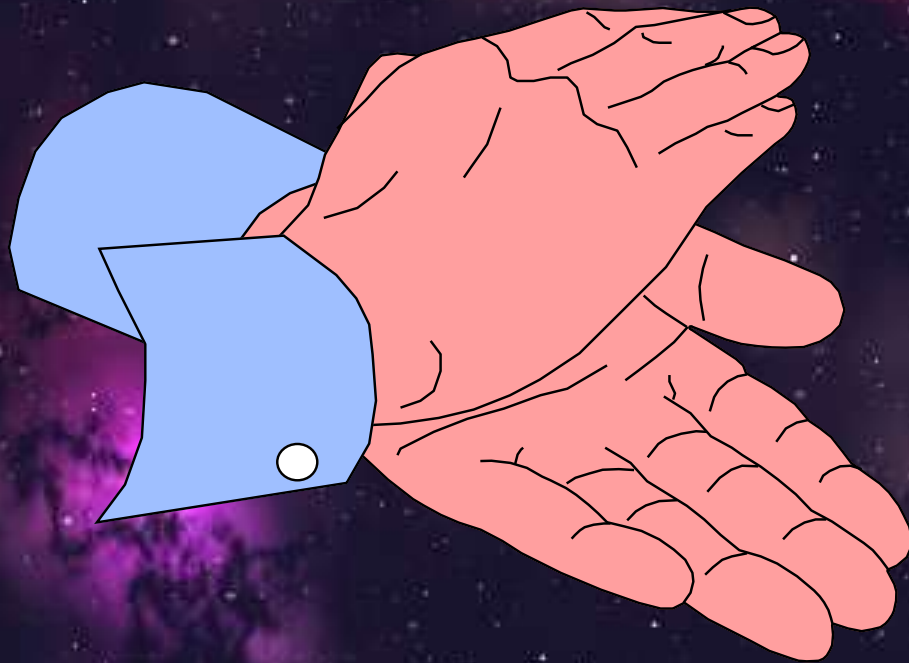


Smatra se da je prvi jedinicu ove veličine pomenuo F. Dajson 1913. g. u jednoj astronomskoj publikaciji. Tu jedinicu on je nazivao astron. U optičaju je bio i naziv siriometar. Prihvaćen je predlog Herberta Tarnera.

NASA-in satelit FAME je u oblasti od 2000 pc izmerio paralakse (udaljenosti) za 40 miliona zvezda. Ortov oblak ima dijametar od oko 0.6 pc, a Proxima Centaury je udaljena 1.29 pc.



Hvala na pažnji!



To be continued...