

Osnovna škola „Josip Pupačić“, Omiš

ROTACIJA JUPITERA



Autori:

Neno Radić 8K

Stjepan Vukasović 8K

Mentor:

Tomislav Sorić, prof.

tomislav.soric@skole.hr

Omiš, 2016/2017

Sadržaj

Uvod.....	3
Cilj rada.....	4
Mjerenja i metode obrade.....	5
Analiza rezultata	11
Zaključci.....	20
Životopisi.....	21
Popis literature.....	22

UVOD

Jupiter je najveći planet Sunčevog sustava. Gotovo je 318 puta masivniji od Zemlje.

Jupiter je od Zemlje udaljen prosječno 780 milijuna km ili 5,2 AJ.

Naziv je dobio po Rimskom vrhovnom bogu Jupiteru.

Atmosfera se sastoji od otprilike 90% vodika i 10% helija, uz tragove metana, vodene pare i amonijaka raspoređenih u guste slojeve oblaka čija visina seže do 1000 km.

Na Jupiterovu disku uočavamo svijetle i tamne pruge koje se zovu zone (svijetle pruge) i pojasevi (tamne pruge). To su dugovječni oblici koje ostaju na istim zemljopisnim širinama barem jedno stoljeće.

Sa Zemlje se mogu pratiti promjene širine boje i kontrasta zona i pojasa te razne pjege od kojih je Velika crvena pjega najviđenija i najstalnija pojava. Velika crvena pjega je ustvari velika oluja koja traje već stoljećima. Vjetrovi koje pušu unutar same oluje mogu premašiti brzinu od 600 km/h. Zacijelo jedan od zaštitnih znakova Jupitera je Velika crvena pjega, anticiklonalni vrtlog koji na južnoj polutci bjesni već barem 400 godina.

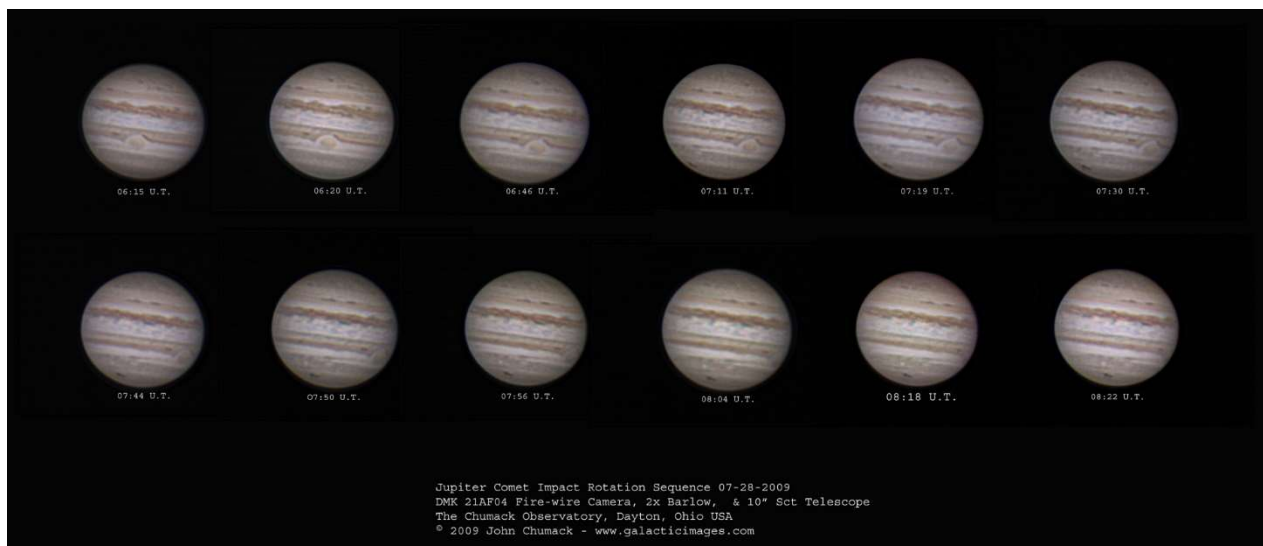
Bijelo žućkasti dio predstavlja dio pjege gdje plin izvire, dok crvenkasto-smeđa su područja gdje plin ide prema središtu planeta. Trenutno ima površinu od 20 000 km² te se sažima pod utjecajem atmosferskih struja, tako da bi, postupno, oko 2040. god. mogla iz ovalnog oblika prijeći u kružni. Pjega se okreće u smjeru obrnutom od kazaljke na satu i za jednu rotaciju potrebno je 6 zemaljskih dana.

Nije samo područje Velike crvene pjege aktivno u Jupiterovoj atmosferi. Cijela atmosfera je vrlo turbulentna i aktivna. Prosječna brzina vjetra u gornjim slojevima Jupiterove atmosfere je 500 km/h.

CILJ RADA

U ovom radu pokušat ćemo odrediti period rotacije Jupitera. Također ćemo pokušati ispitati rotiraju li svi dijelovi Jupitera jednakom brzinom. Znamo da je Jupiter plinoviti planet i pretpostavljamo područje ekvatora rotira brže od područja oko polova.

Nas fotografijama Jupitera u toku jedne noći uočavamo istaknute detalje na površini Jupitera (npr. Veliku crvenu pjegu) i mjerimo brzinu njihove rotacije. Tu brzinu računamo usporedbom dvije uzastopne fotografije (jedna bi trebala biti snimljena barem pola sata nakon druge)



Slika 2

MJERENJA I METODE OBRADE

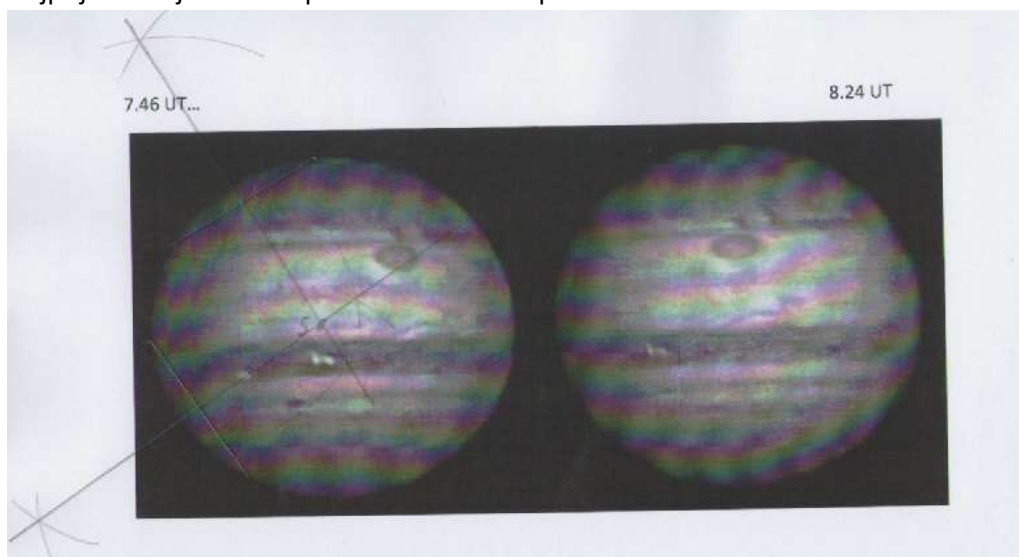
RAČUNANJE KUTNOG POMAKA PJEGE

Račun ćemo pokazati na primjeru dvije slike Jupitera nastale u razmaku od 38 minuta.

U ovom poglavlju je opisano određivanje položaja pjege iz geometrijskim konstrukcijama na isprintanim fotografijama.

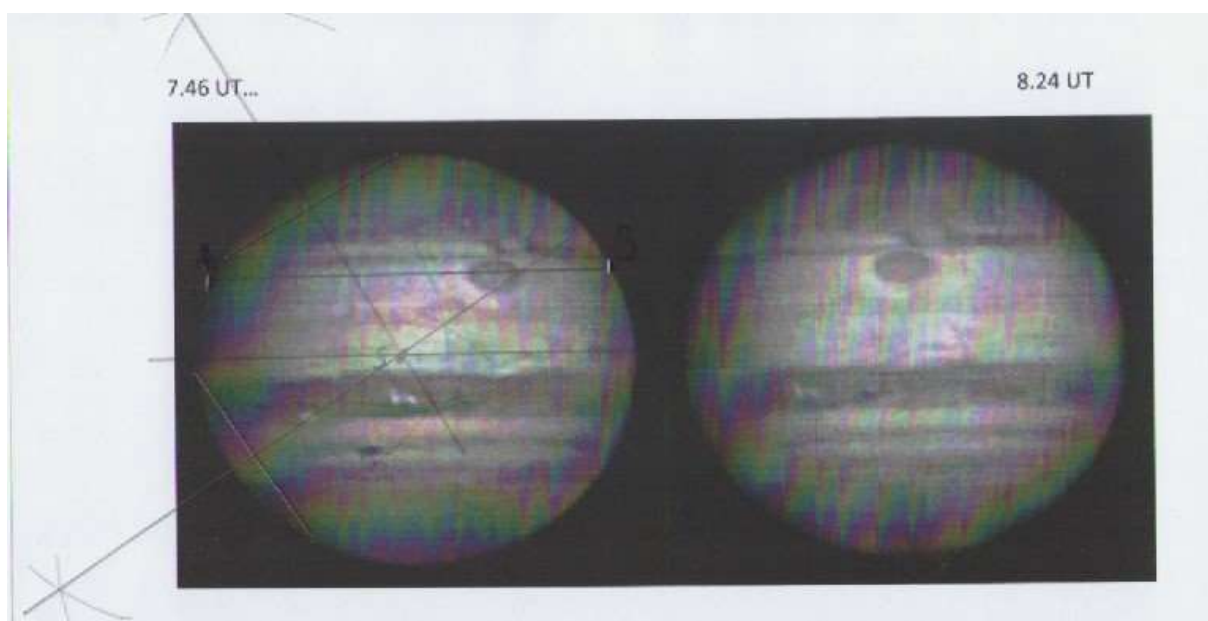
Postupak:

Najprije se dvije sekante pronade središte Jupiterova diska.



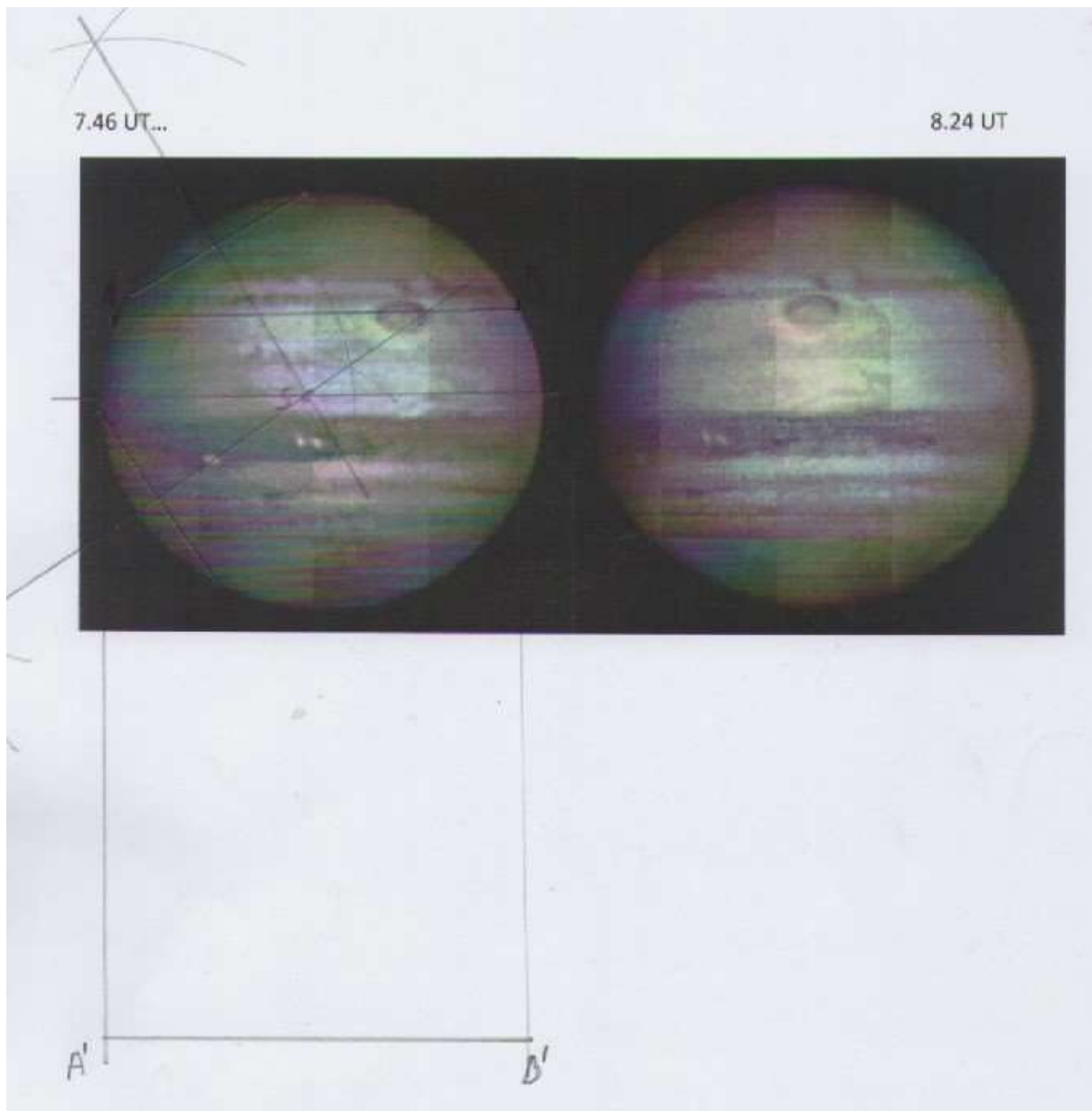
Slika 3

Sada se kroz središte se provuče crta koja predstavlja Jupiterov ekvator.



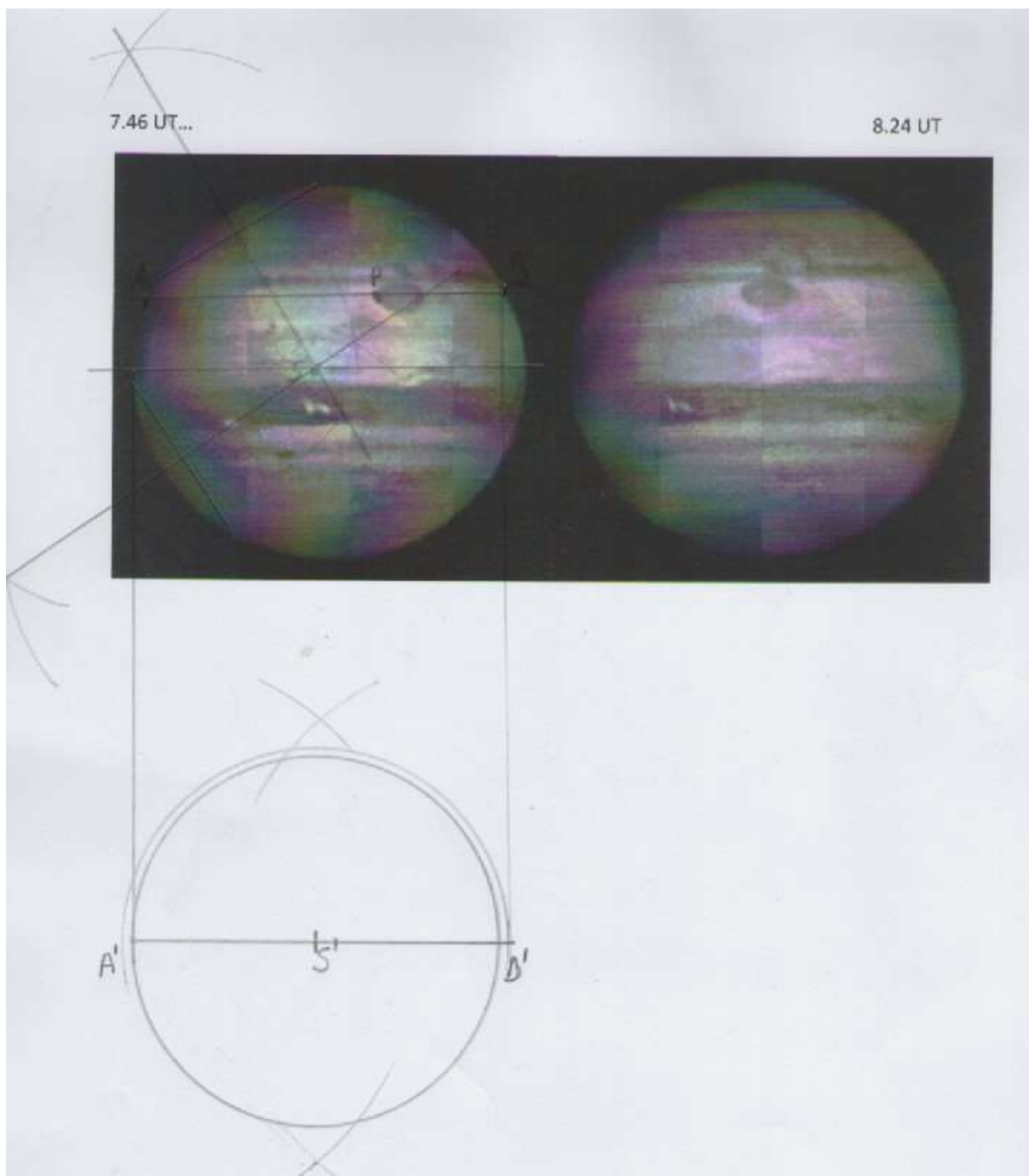
Slika 4

Povuče se paralela ekvatora kroz točku na Jupiteru čiji pomak mjerimo (u ovom slučaju to je Velika crvena pjega). Time dobivamo kružnicu (ekvivalent zemljinim paralelama) po kojoj pjega rotira oko središta Jupitera, gledana sa strane. Kružnica gledana sa strane bila bi crta duljine jednake promjeru kružnice. Sjecišta paralele i diska označe se slovima A i B. Zatim se A i B projiciraju na crtu paralelnu s ekvatorom na praznom dijelu papira.



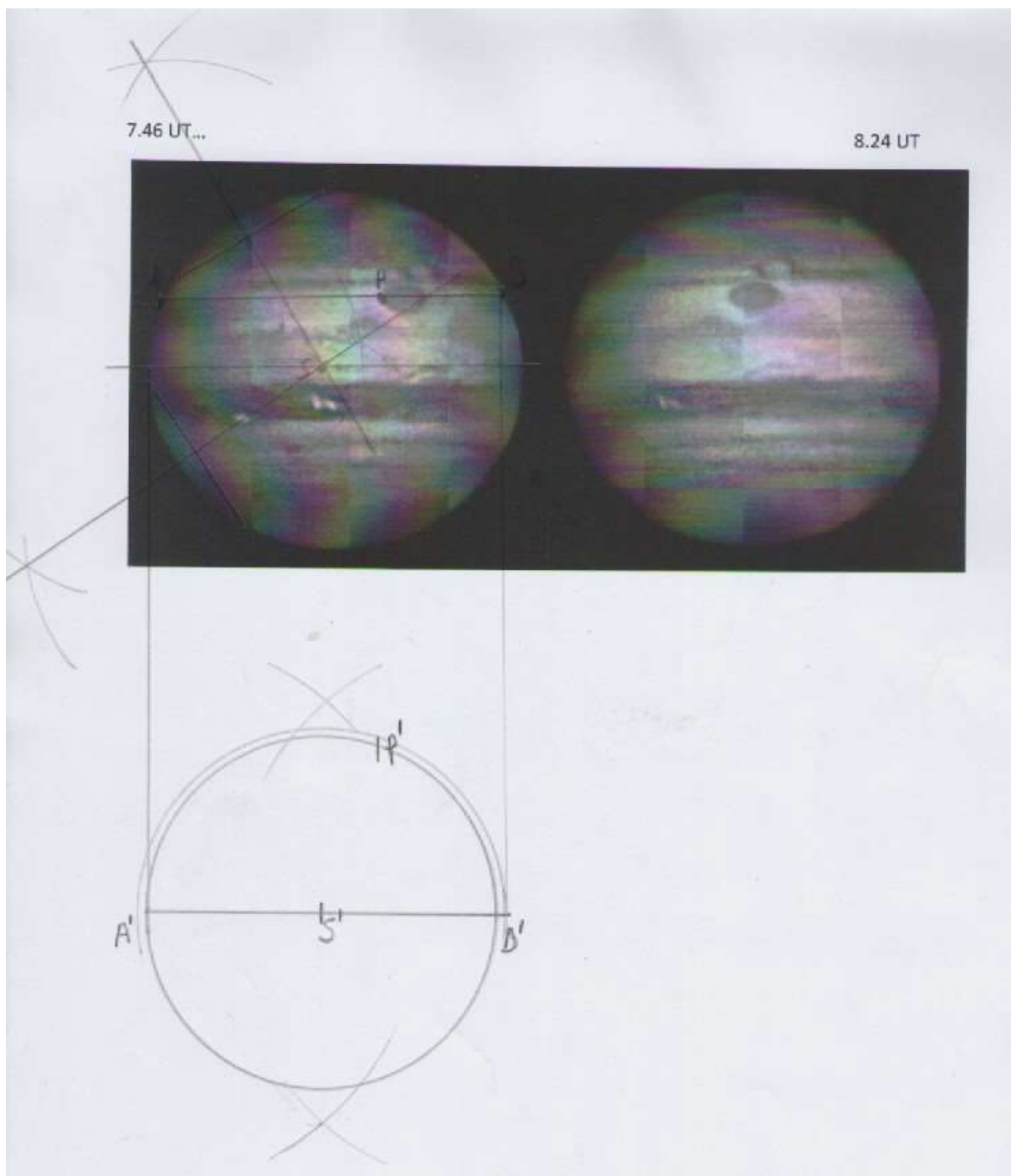
Slika 5

Sada ćemo nacrtati kružnicu promjera $A'B'$. Ta kružnica predstavlja kružnicu po kojoj rotira velika crvena pjege na Jupiteru.



Slika 6

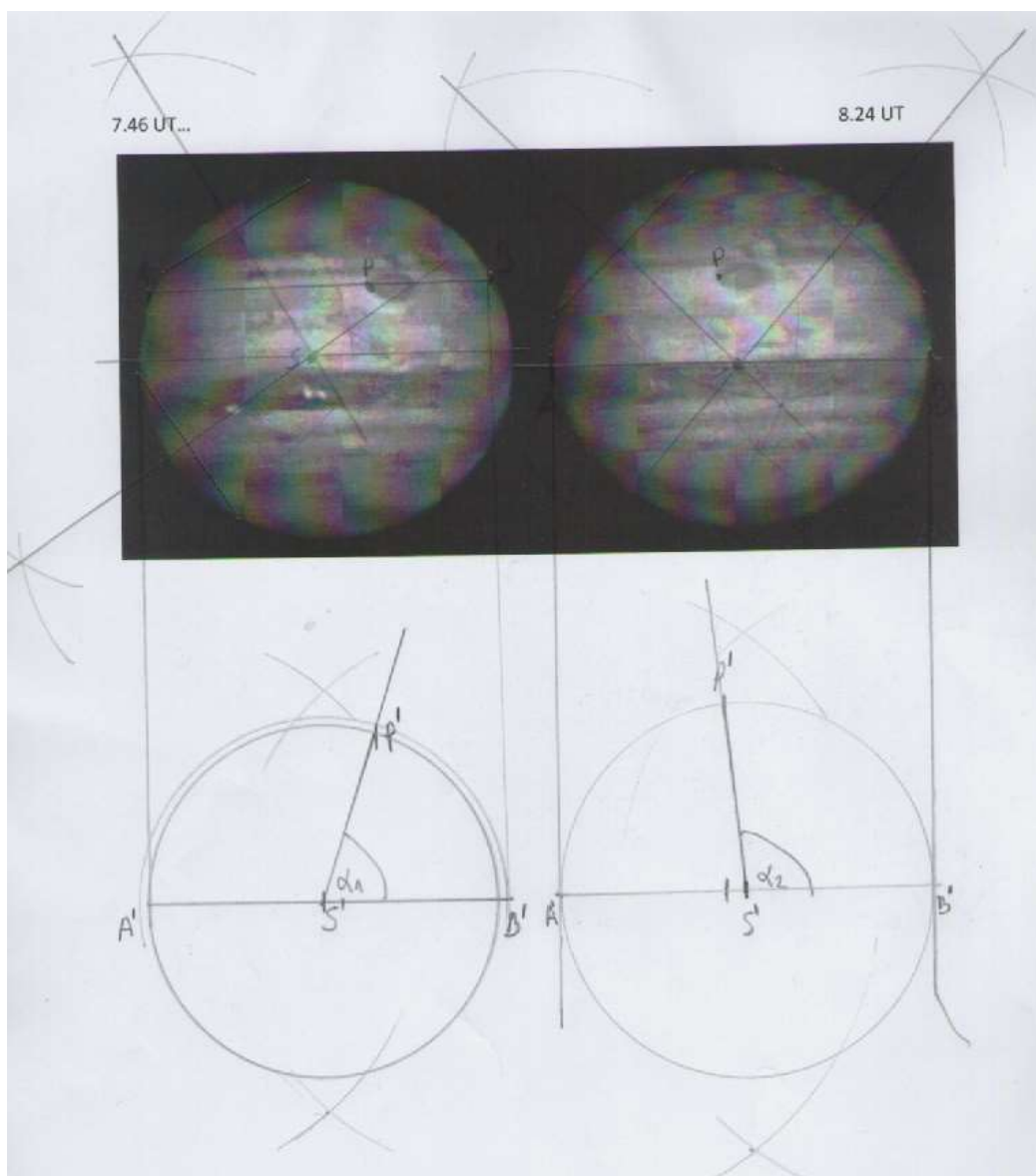
Iz položaja pjege na slici povučemo okomicu na Jupiterove paralele. Mjesto na kojem okomica siječe dobivenu kružnicu predstavlja položaj Velike crvene pjege na njegovoj paraleli.



Slika 7

Zabilježimo kut između spojnice središta i pjega i paralele A'B'. taj kut je koordinata koja određuje položaj pjega α_1 .

Zatim sve korake ponovimo za drugu sliku i dobijemo položaj α_2



slika 8

Kutove α_1 i α_2 izmjerimo kutomjerom. Dobiveno je $\alpha_2=98^\circ$ i $\alpha_1=75^\circ$ Sada znamo da je pjega za 38 minuta prešla kut od 23° .

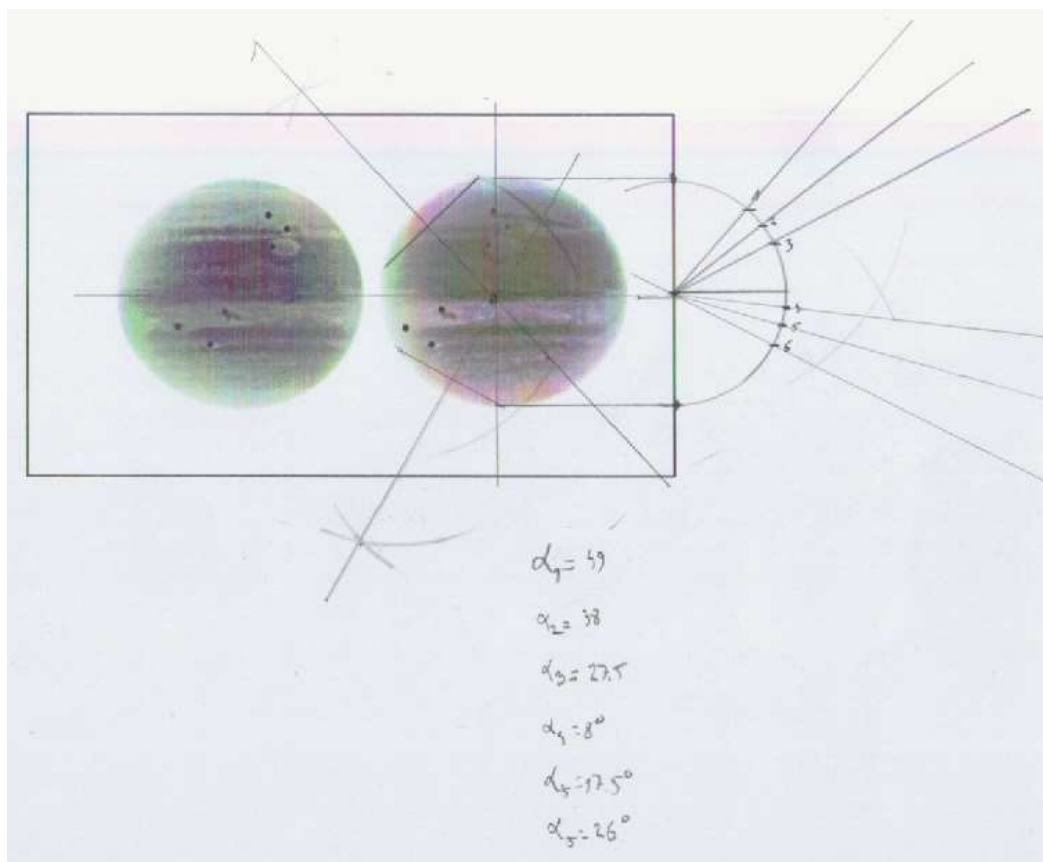
Iz jednostavnog omjera možemo izračunati za koje vrijeme će prijeći puni krug, tj. 360° .

$$\frac{23^\circ}{38 \text{ min}} = \frac{360^\circ}{T}$$

$$T = \frac{38 \text{ min} \cdot 360^\circ}{23^\circ}$$

$T=594,78 \text{ min}=9,91 \text{ sati}$.

Za određivanje geografske širine pjege koristit ćemo sličnu konstrukciju. Zapravo tražimo položaj pjege na meridijanu, a meridijan je polukružnica kojoj je promjer os vrtnje. Polukružnica s promjerom paralelnim s osi vrtnje se i konstruira pored slike Jupitera. Zatim se na tu polukružnicu projicira položaj pjege – kao sjecište pravca kroz položaj pjege, okomit na os vrtnje planeta i polukružnice. (slika 9)

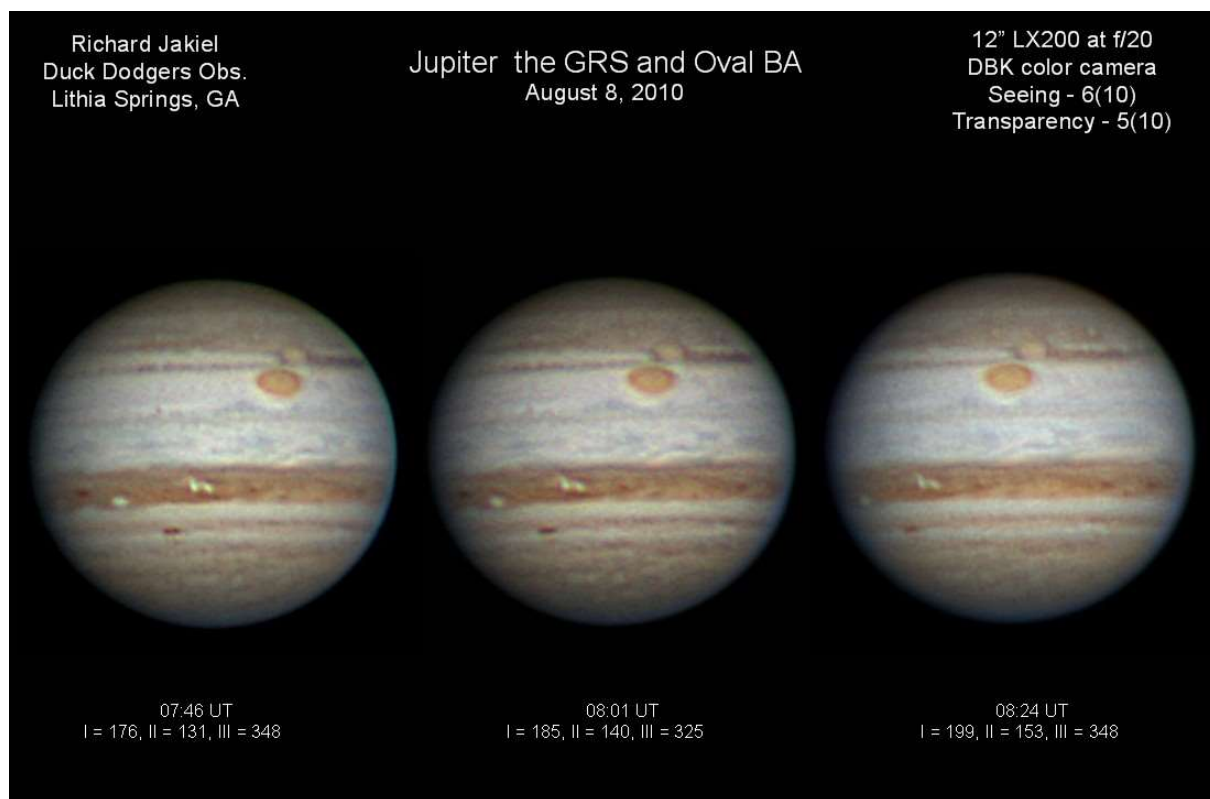


Slika 9

Kutovi položaja mjere se u odnosu na ekvator, a pri obradi podataka negativan predznak će imati kutovi na polutci Jupitera na kojoj se nalazi velika crvena pjege.

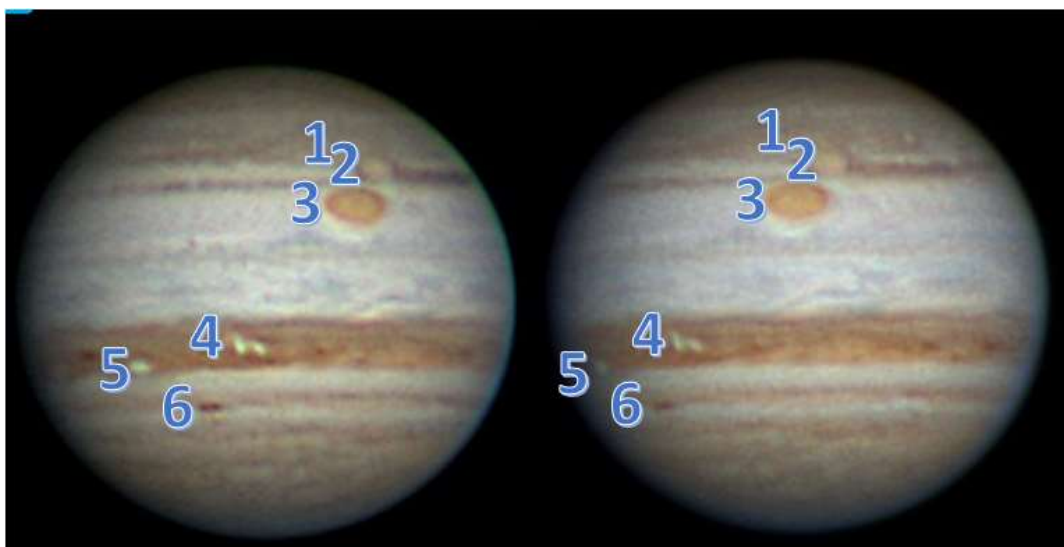
ANALIZA REZULTATA

Period rotacije pokušat ćemo odrediti iz fotografija astronoma Richarda Jakiela iz Lithia Springsa. (slika 10)



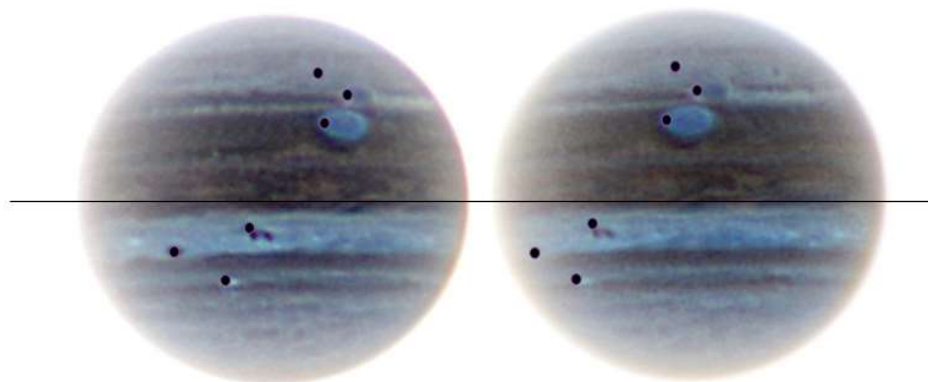
Slika 10

Uspoređivali smo slike nastale 10.8.2010. u 07.46 UT i 08.24 UT, dakle dvije slike nastale u razmaku od 38 minuta.



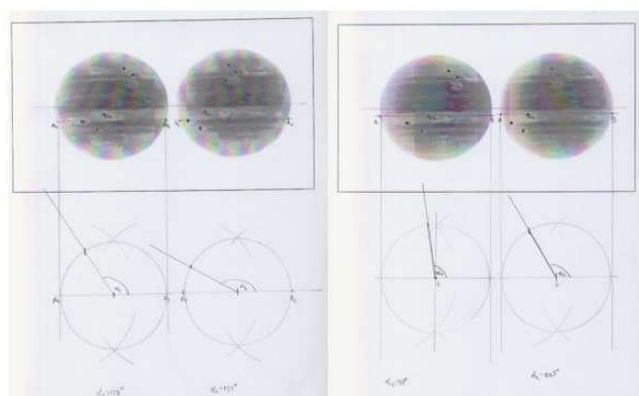
Slika 11

Promatrali smo položaj oblaka (pjege) u Jupiterovoj atmosferi koji su lako uočljivi na obje slike. (oznake 1, 2, 3, 4, 5 i 6 na slici 11)

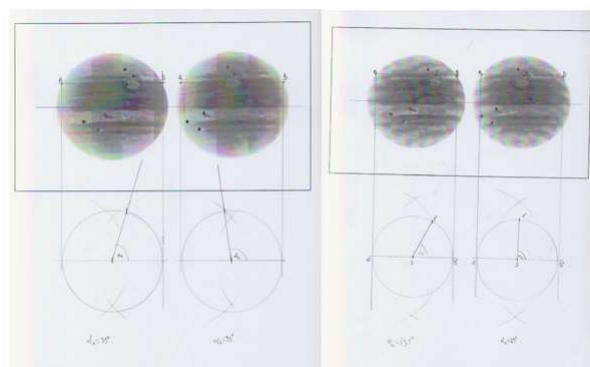


Slika 12

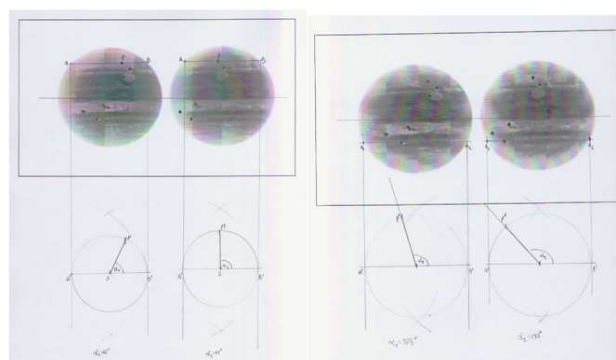
Radi preciznosti geometrijskih konstrukcija, navedeni oblaci su označeni točkicama, a na čitavoj slici su invertirane boje – radi bolje uočljivosti detalja, ali i radi uštede boje prilikom ispisivanja.



Slika 13: Određivanje pomaka pjege



Slika 14: Određivanje pomaka pjege



Slika 15: Određivanje pomaka pjege

Da bismo izbjegli ponavljanje jednostavnih računskih radnji (npr. formulu

$T = \frac{38 \text{ min} \cdot 360^\circ}{\alpha_2 - \alpha_1}$ bi prilikom obrade ove fotografije trebalo ponoviti 6 puta) račun provodimo programom „Microsoft Excel“.

Rezultati mjerenja i računanja dani su u donjoj tablici

	<u>α_1</u>	<u>α_2</u>	<u>razlika</u>	<u>vrijeme</u>	<u>T</u> (minute)	<u>položaj</u>	<u>T (sati)</u>	<u>odstupanje</u>	<u>kvadratno</u> <u>odstupanje</u>
1	66	91	25	38	547,2	-49	9,12	-0,326058	0,106313777
2	63,5	89	25,5	38	536,4706	-38	8,941176	-0,504881	0,254905293
3	75	98	23	38	594,7826	-27,5	9,913043	0,4669855	0,218075498
4	98	121,5	23,5	38	582,1277	8	9,702128	0,2560697	0,065571704
5	127	151	24	38	570	17,5	9,5	0,0539421	0,002909746
6	108	132	24	38	570	26	9,5	0,0539421	0,002909746
Srednje vrijednosti					566,7635		9,446058	0,00000	0,108447627

Tablica 1

U tablicu su unijete vrijednosti položaja svakog od objekata 1, 2, 3, 4, 5 i 6 (stupci alfa 1, alfa 2 i položaj), te vrijeme razlike nastanka dvije fotografije (stupac „vrijeme“ u tablici 1).

Excel obrazac računa razliku kutova ($\alpha_2 - \alpha_1$) te vrijeme rotacije danih objekata izraženo u satima i minutama (po formuli $T = \frac{38 \text{ min} \cdot 360^\circ}{\alpha_2 - \alpha_1}$)

Na ovaj način je izračunat prosječni period rotacije od 9,44 sati.

U stupcu „odstupanje“ izračunata je razlika svakog pojedinog mjerenja i prosječne vrijednosti svih mjerenja. Na dnu stupca odstupanje je dobiveno prosječno odstupanje koje naravno iznosi 0. Prosječna vrijednost odstupanja od srednje vrijednosti će uvijek biti nula, tako da nam ovaj podatak ne govori ništa o točnosti samog mjerenja.

Veličina koja ima smisla je srednje kvadratno odstupanje (na dnu stupca „kvadratno odstupanje“ u tablici 1) koje je dobiveno kao srednja vrijednost kvadrata svih odstupanja.

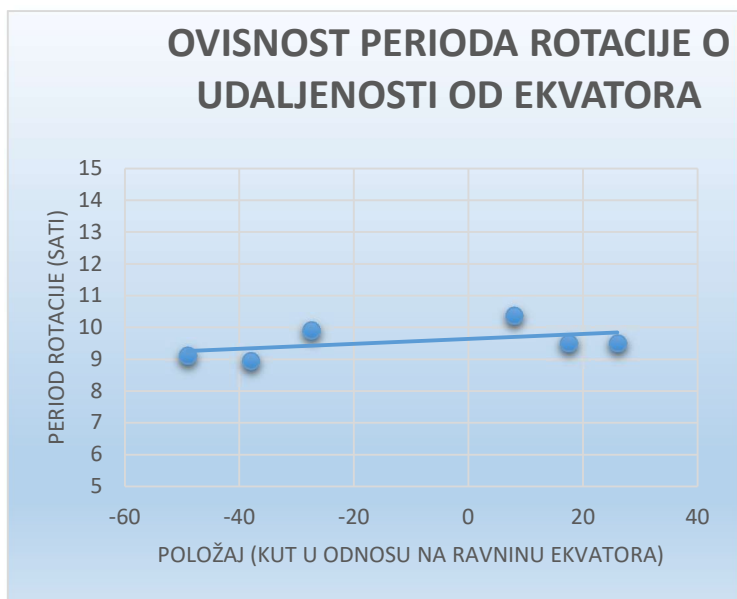
Korijen kvadrata odstupanja je 0.47 sati.

Ukupan rezultat je:

Jupiter puni krug oko svoje osi napravi za $(9,44 \pm 0.47)$ sata.

Ako dijelove sata preračunamo u minute za period rotacije dobijemo rezultat od 9 sati i 33 minute ± 28 minuta.

Na donjem grafu (slika 16) je pokazana i ovisnost rezultata naših mjerenja o geografskoj (tj. Jovijanskoj) širini mjerenih mjesta na Jupiteru.



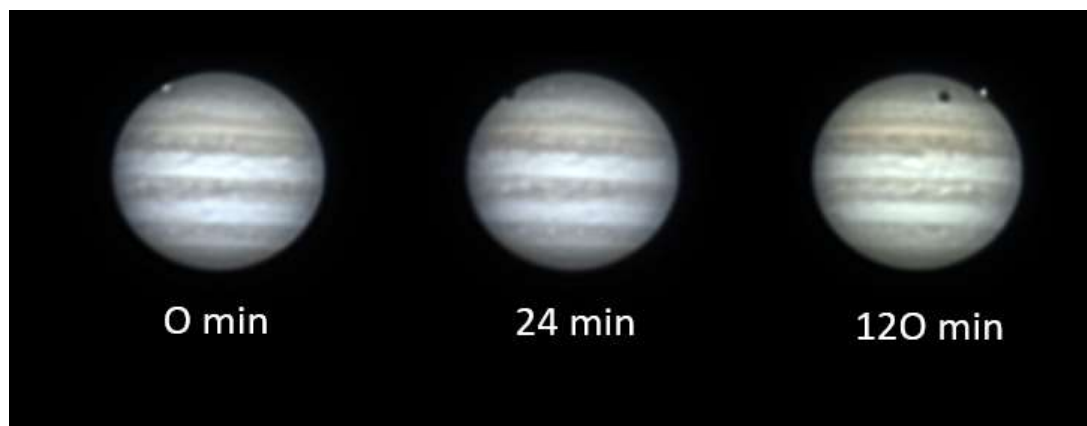
Slika 16

Iz raspršenosti rezultata ne možemo uočiti nikakvu pravilnost u ovoj ovisnosti, što znači da ovim mjerenjima nismo uspjeli pokazati diferencijalnu rotaciju Jupitera.

S obzirom na rezultate iz literature, ovakav zaključak je i očekivan – period rotacije Jupitera iznosi od 9 sati i 50 minuta (na ekvatoru) do 9 sati i 56 minuta (na polovima), a razlika tih perioda je više nego dvostruko manja od naše dobivene greške mjerenja. Dakle na dobivene rezultate greška mjerenja ima veći utjecaj od same diferencijalne rotacije.

Drugi set mjerenja: Pavlimir Ugrin, Žrnovnica

Ova mjerenja smo napravili na fotografijama koje nam je ustupio astronom amater koji je snimao tranzit Jupiterovog mjeseca preko diska planeta. U tu svrhu je snimio tri fotografije u toku dva sata, a prve dvije smo iskoristili u našem istraživanju. Fotografije su napravljene u noći 15./16. travnja 2017.



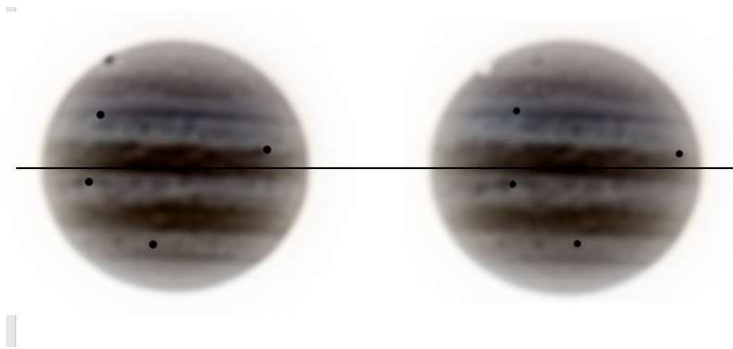
Slika 17

Na ovim malim fotografijama teško je uočiti detalje, ipak smo pronašli četiri oblika u Jupiterovoj atmosferi koji se pojavljuju na obje slike.



Slika 19

Slike smo pripremili za ispis kao u prijašnjem slučaju



Slika 20

Rezultati ovog mjerenja su u tablici 2:

	<u>alfa1</u>	<u>alfa2</u>	<u>razlika</u>	<u>vrijeme</u>	<u>T</u>	<u>položaj</u>	<u>T (sati)</u>	<u>Odstupanje (sati)</u>	
1	112	127	15	24	576	27,5	9,6	0,1446607	0,020926728
2	44	29,5	14,5	24	595,8621	7,5	9,931034	0,4756952	0,226285939
3	130,5	115	15,5	24	557,4194	-13	9,290323	-0,165017	0,027230506
4	100	84	16	24	540	-35,5	9	-0,455339	0,207333847
					567,3204	-3,375	9,455339	0,00000	0,120444255

Tablica 2

Srednje kvadratno odstupanje iznosi 0,120444255 sati, za veličinu koja govori o točnosti mjerenja uzimamo korijen te vrijednosti a on iznosi 0,35 sati.

Dakle, rezultat ovog seta mjerenja je $(9,46 \pm 0,35)$ sati – odnosno 9 sati i 27 minuta ± 21 minuta

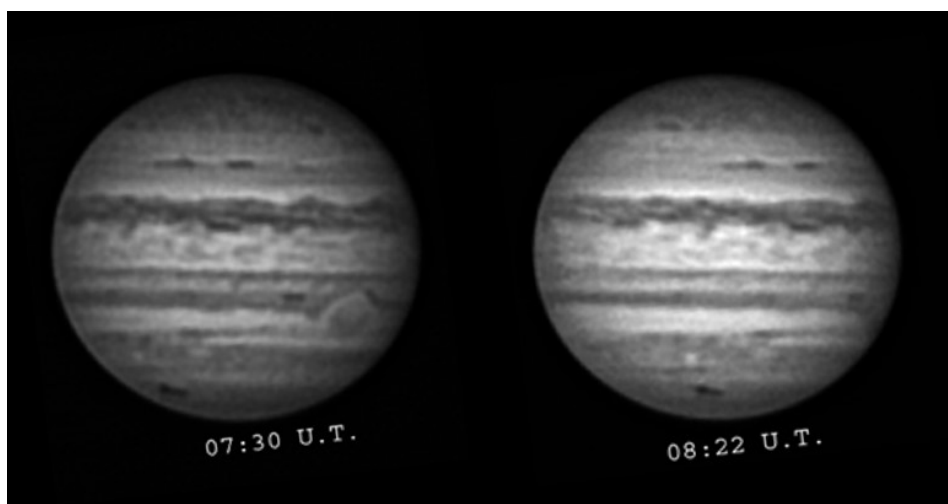
Treći set mjerenja: John Chumack observatory,

Na stranici astronoma Johna Chumacka smo našli mnoštvo Jupiterovih fotografija snimljenih 28.7.2009.



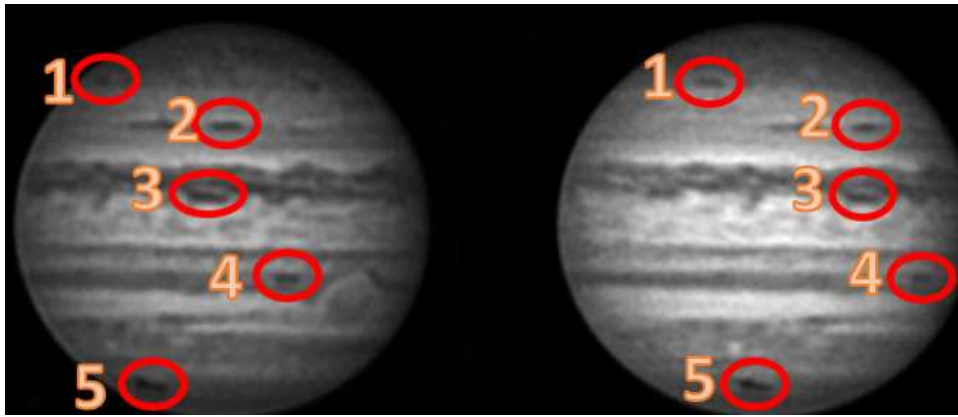
Slika 21

A odabrali smo dvije slike na kojima se uočavaju detalji blizu polovima (kakvih je bilo najmanje na prethodna dva seta mjerenja

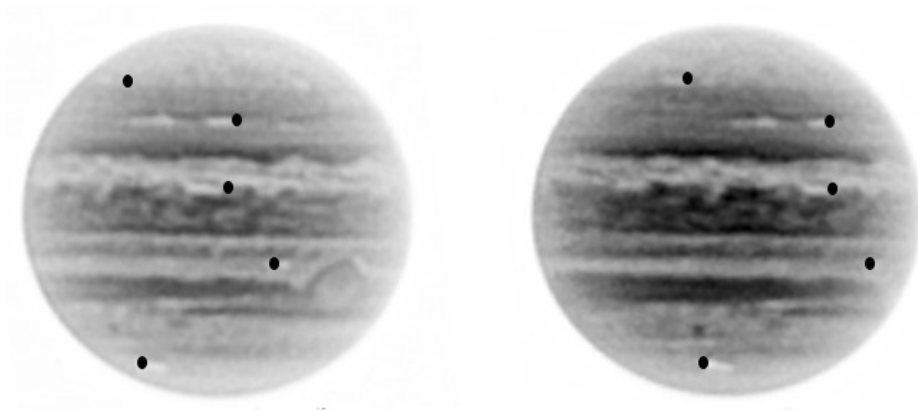


Slika 22

Fotografije smo pripremili za mjerenje kao u prethodnom slučaju (*slika 23 i slika 24*)



Slika 23



Slika 24

Podatke smo dobili na isti način kao u prethodnim primjerima, a prikazani su u donjoj tablici:

<u>alfa1</u>	<u>alfa2</u>	<u>razlika</u>	<u>vrijeme</u>	<u>T</u>	<u>položaj</u>	<u>T (sati)</u>	<u>odstupanje</u>	<u>kvadrat odstupanja</u>
135	103,5	31,5	52	594,2857	47	9,904762	-0,010003	0,000100056
83	52	31	52	603,871	29	10,06452	0,1497514	0,022425491
86	54	32	52	585	8	9,75	-0,164765	0,027147406
73	40	33	52	567,2727	-18	9,454545	-0,460219	0,211801752
132	102	30	52	624	-55	10,4	0,4852353	0,235453299
				594,8859	2,2	9,914765	0,00000	0,099385601

Tablica 3

Korijen kvadrata odstupanja iznosi 0,315 sati odnosno 19 minuta.

Rezultat je $(9,91 \pm 0,32)$ sati (ili 9 sati i 54 minute \pm 19 minuta)

Ukupni rezultati

Rezultati ova tri seta mjerenja su slični

	period		kvadrat odstupanja	
Jakiel	9,556309385	-0,1	0,007367	
Pavlimir	9,455339266	-0,2	0,034894	
Chumack	9,914764698	0,27	0,074325	korijen kvadrata
	9,6421378	0	0,038862	0,197134

Tablica 4

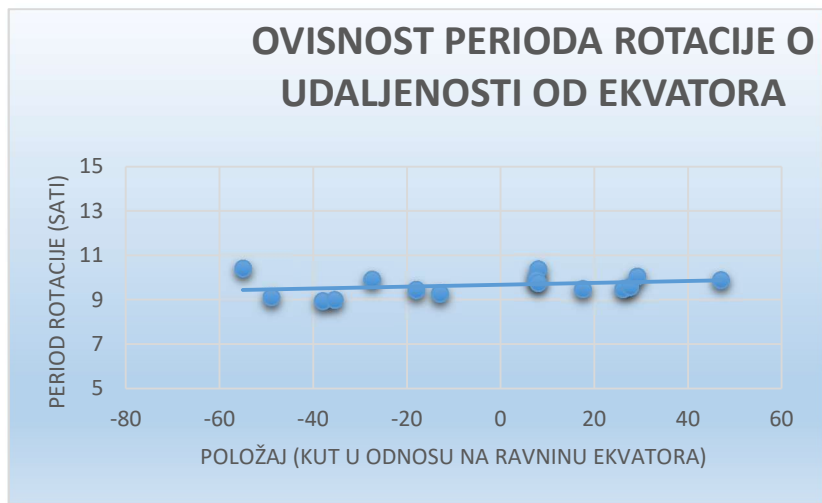
Pokušali smo ih objediniti, naći ukupnu srednju vrijednost i pogrešku i ponovo pronaći vezu između položaja i rotacije (tablica 5).

	<u>alfa1</u>	<u>alfa2</u>	<u>razlika</u>	<u>vrijeme</u>	<u>T</u>	<u>položaj</u>	<u>T (sati)</u>	<u>odstupanje</u>	<u>kvadratno odstupanje</u>
1	66	91	25	38	547,2	-49	9,12	-0,528869	0,279702551
2	63,5	89	25,5	38	536,4706	-38	8,941176	-0,707693	0,500828892
3	75	98	23	38	594,7826	-27,5	9,913043	0,2641744	0,069788089
4	98	120	22	38	621,8182	8	10,36364	0,7147672	0,510892206
5	127	151	24	38	570	17,5	9,5	-0,148869	0,022162016
6	108	132	24	38	570	26	9,5	-0,148869	0,022162016
1	112	127	15	24	576	27,5	9,6	-0,048869	0,002388191
2	44	29,5	14,5	24	595,8621	7,5	9,931034	0,2821654	0,07961729
3	130,5	115	15,5	24	557,4194	-13	9,290323	-0,358547	0,128555624
4	100	84	16	24	540	-35,5	9	-0,648869	0,42103114
1	135	103,5	31,5	52	594,2857	47	9,904762	0,2558928	0,065481115
2	83	52	31	52	603,871	29	10,06452	0,415647	0,172762433
3	86	54	32	52	585	8	9,75	0,1011309	0,010227454
4	73	40	33	52	567,2727	-18	9,454545	-0,194324	0,037761689
5	132	102	30	52	624	-55	10,4	0,7511309	0,564197592
					573,3786	-10,5	9,648869	0,00000	0,192503887

Tablica 5

Rezultat ne odstupa mnogo od dosadašnjih: (9,65±0,44) sati (9 sati i 39 minuta± 26 minuta).

U grafičkom prikazu raspršenosti svih podataka oko srednje vrijednosti ne uočavamo pravilnosti vezane uz period i jovijansku širinu mjesta mjerenja (slika 25)



Slika 25

ZAKLJUČCI

Jednostavnim konstrukcijama sa dva trokuta i šestarom (gradivo matematike 7. razreda OŠ) izmjerili smo da period rotacije Jupitera iznosi 9 sati i 39 minuta \pm 26 minuta. U literaturi nalazimo podatak da period rotacije iznosi od 9 sati i 50 minuta (na ekvatoru) do 9 sati i 56 minuta (na polovima) i možemo biti zadovoljni našim rezultatom.

Korištena metoda nije dovoljno precizna za izračunati diferencijalnu rotaciju jer ona kod Jupitera nije toliko izražena kao npr. kod Sunca.

Sama razlika zbog diferencijalne rotacije (iz literature) je 6 minuta, a preciznost naših mjerenja iznosi 26 minuta.

ŽIVOTOPIS

Stjepan Vukasović

Idem u 8 razred osnovne škole Josip Pupačić. Idem na astronomiju i na natjecanja od petog razreda. Prošle godine sam sudjelovao i na državnom natjecanju. Sudjelujem i na natjecanjima „Pričigin“.

Neno Radić

Idem u osmi razred OŠ Josip Pupačić. Na astronomiju idem od 5.razreda. U šestom i sedmom razredu sam sudjelovao na državnom natjecanju iz astronomije. Redovito idem i na natjecanja iz matematike, fizike i geografije. Treniram mali nogomet u MNK „Olmissum“.

POPIS LITERATURE

1. Jeff Kanipe, Robert Burnham, Alan Dyer: ASTRONOMIJA - Vodič po noćnom nebu, Dušević i Kršovnik d.o.o, Rijeka 2003

Internet:

1. <http://astro-imaging.livejournal.com/>
2. <https://hr.m.wikipedia.org/wiki/Jupiter>
3. <http://eskola.zvezdarnica.hr/osnove-astronomije/suncev-sustav/veliki-planeti/jupiter/>
4. <http://www.astronomycameras.com/blog/archive/20090818/more-images-of-jupiter-after-the-2009-impact/>
5. http://www.aau.telebus.de/Ver_7/user/Torsten_Hansen/Jupiter20100922/Jupiter20100923dreiwk.jpg