

# BOŠKOVIĆ

ALMANAH

HRVATSKOG PRIRODOSLOVNOG  
DRUŠTVA

ZA GODINU

1952.

18813  
9. VI. 1975

I. UVOD I KALENDAR



Geografske koordinate zvjezdarnice Hrvatskog prirodoslovnog društva u Zagrebu (Opatička 22)

Širina  $\varphi = 45^{\circ} 49' 10''$  sjeverno od ekvatora  
 Duljina  $\lambda = 15^{\circ} 58' 43''$  istočno od Greenwicha  
 = 1h 03m54.9s

(Ove su koordinate privremene i vrijede za stup durbina od 6")

Geografske koordinate astronomskog paviljona Tehničkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (Maksimir)

Širina  $\varphi = 45^{\circ} 49' 32.32''$  sjeverno od ekvatora  
 Duljina  $\lambda = 16^{\circ} 01' 16.65''$  istočno od Greenwicha  
 = 1h 04m 05.11s

### ASTRONOMSKI ZNACI I POKRATE

#### 1. Znaci u Sunčevu sustavu

☉	Sunce	♌	konjunkcija
♁	Mjesec	☐	kvadratura
☿	Merkur	♍	opozicija
♀	Venera	♊	uzlazni čvor
♁	Zemlja	♋	silazni čvor
♂	Mars	♈	mlađ
♃	Jupiter	♎	prva četvrt
♄	Saturn	♏	uštap
♅	Uran	♎	posljednja četvrt
♆	Neptun		
♇	Pluton		

#### 2. Znaci zodijska

I.	♈	Aries-Ovan	0°
II.	♉	Taurus-Bik	30°
III.	♊	Gemini-Blizanci	60°
IV.	♋	Cancer-Rak	90°
V.	♌	Leo-Lav	120°
VI.	♍	Virgo-Djevica	150°
VII.	♎	Libra-Vaga	180°
VIII.	♏	Scorpius-Škorpion	210°
IX.	♐	Sagittarius-Strijelac	240°
X.	♑	Capricornus-Jarac	270°
XI.	♒	Aquarius-Vodenjak	300°
XII.	♓	Pisces-Ribe	330°

### 3. Pokrate

d	dan	}	vremena
h	sat		
m	minuta		
s	sekunda		
SEV	srednjeevropsko vrijeme	}	kutne mjere
svj. vr.	svjetsko vrijeme (Greenw.)		
°	stupanj		
'	minuta		
"	sekunda		
$\varphi$	geografska širina		
$\lambda$	geografska duljina		
$\alpha$	rektascenzija		
$\delta$	deklinacija		

### PODACI O GODINI 1952.

Godina 1952. naše ere je prestupna godina i ima 366 dana.

Početak proljeća:	20. III.	17h 14m	SEV
" ljeta :	21. VI.	12h 13m	"
" jeseni :	23. IX.	3h 24m	"
" zime :	21. XII.	22h 44m	"

Početak godine 1952. po Besselu (kad je duljina  $\odot = 280^{\circ}$  uključivo aberaciju) u oznaci 1952.0 jest 1952. Jan. 1.408.

# KALENDAR 1952.

## U 0h SVJETSKOG VREMENA

Dan u mjesecu	SIJEČANJ				VELJAČA				OŽUJAK			
	Dan u sedmici	Dana u godini	Dio godine	Dani julijanskog perioda	Dan u sedmici	Dana u godini	Dio godine	Dani julijanskog perioda	Dan u sedmici	Dana u godini	Dio godine	Dani julijanskog perioda
1.0	Ut	0	*000	2434 012'5	Pa	31	*085	043'5	Su	60	*164	072'5
2.0	Sr	1	*003	013'5	Su	32	*087	044'5	Ne	61	*167	073'5
3.0	Če	2	*005	014'5	Ne	33	*090	045'5	Po	62	*169	074'5
4.0	Pe	3	*008	015'5	Po	34	*093	046'5	Ut	63	*172	075'5
5.0	Su	4	*011	016'5	Ut	35	*096	047'5	Sr	64	*175	076'5
6.0	Ne	5	*014	017'5	Sr	36	*098	048'5	Če	65	*178	077'5
7.0	Po	6	*016	018'5	Če	37	*101	049'5	Pe	66	*180	078'5
8.0	Ut	7	*019	019'5	Pe	38	*104	050'5	Su	67	*183	079'5
9.0	Sr	8	*022	020'5	Su	39	*107	051'5	Ne	68	*186	080'5
10.0	Če	9	*025	021'5	Ne	40	*109	052'5	Po	69	*189	081'5
11.0	Pe	10	*027	022'5	Po	41	*112	053'5	Ut	70	*191	082'5
12.0	Su	11	*030	023'5	Ut	42	*115	054'5	Sr	71	*194	083'5
13.0	Ne	12	*033	024'5	Sr	43	*117	055'5	Če	72	*197	084'5
14.0	Po	13	*036	025'5	Če	44	*120	056'5	Pe	73	*199	085'5
15.0	Ut	14	*038	026'5	Pe	45	*123	057'5	Su	74	*202	086'5
16.0	Sr	15	*041	027'5	Su	46	*126	058'5	Ne	75	*205	087'5
17.0	Če	16	*044	028'5	Ne	47	*128	059'5	Po	76	*208	088'5
18.0	Pe	17	*046	029'5	Po	48	*131	060'5	Ut	77	*210	089'5
19.0	Su	18	*049	030'5	Ut	49	*134	061'5	Sr	78	*213	090'5
20.0	Ne	19	*052	031'5	Sr	50	*137	062'5	Če	79	*216	091'5
21.0	Po	20	*055	032'5	Če	51	*139	063'5	Pe	80	*219	092'5
22.0	Ut	21	*057	033'5	Pe	52	*142	064'5	Su	81	*221	093'5
23.0	Sr	22	*060	034'5	Su	53	*145	065'5	Ne	82	*224	094'5
24.0	Če	23	*063	035'5	Ne	54	*148	066'5	Po	83	*227	095'5
25.0	Pe	24	*066	036'5	Po	55	*150	067'5	Ut	84	*230	096'5
26.0	Su	25	*068	037'5	Ut	56	*153	068'5	Sr	85	*232	097'5
27.0	Ne	26	*071	038'5	Sr	57	*156	069'5	Če	86	*235	098'5
28.0	Po	27	*074	039'5	Če	58	*158	070'5	Pe	87	*238	099'5
29.0	Ut	28	*077	040'5	Pe	59	*161	071'5	Su	88	*240	100'5
30.0	Sr	29	*079	041'5	Ne				Ne	89	*243	101'5
31.0	Če	30	*082	042'5	Po				Po	90	*246	102'5

# KALENDAR 1952.

## U 0h SVJETSKOG VREMENA

Dan u mjesecu	TRAVANJ				SVIBANJ				LIPANJ			
	Dan u sedmici	Dana u godini	Dio godine	Dani julijanskog perioda	Dan u sedmici	Dana u godini	Dio godine	Dani julijanskog perioda	Dan u sedmici	Dana u godini	Dio godine	Dani julijanskog perioda
1.0	Ut	91	*249	2434 103'5	Če	121	*331	133'5	Ne	152	*415	164'5
2.0	Sr	92	*251	104'5	Pe	122	*333	134'5	Po	153	*418	165'5
3.0	Če	93	*254	105'5	Su	123	*336	135'5	Ut	154	*421	166'5
4.0	Pe	94	*257	106'5	Ne	124	*339	136'5	Sr	155	*423	167'5
5.0	Su	95	*260	107'5	Po	125	*342	137'5	Če	156	*426	168'5
6.0	Ne	96	*262	108'5	Ut	126	*344	138'5	Pe	157	*429	169'5
7.0	Po	97	*265	109'5	Sr	127	*347	139'5	Su	158	*432	170'5
8.0	Ut	98	*268	110'5	Če	128	*350	140'5	Ne	159	*434	171'5
9.0	Sr	99	*270	111'5	Pe	129	*352	141'5	Po	160	*437	172'5
10.0	Če	100	*273	112'5	Su	130	*355	142'5	Ut	161	*440	173'5
11.0	Pe	101	*276	113'5	Ne	131	*358	143'5	Sr	162	*443	174'5
12.0	Su	102	*279	114'5	Po	132	*361	144'5	Če	163	*445	175'5
13.0	Ne	103	*281	115'5	Ut	133	*363	145'5	Pe	164	*448	176'5
14.0	Po	104	*284	116'5	Sr	134	*366	146'5	Su	165	*451	177'5
15.0	Ut	105	*287	117'5	Če	135	*369	147'5	Ne	166	*454	178'5
16.0	Sr	106	*290	118'5	Pe	136	*372	148'5	Po	167	*456	179'5
17.0	Če	107	*292	119'5	Su	137	*374	149'5	Ut	168	*459	180'5
18.0	Pe	108	*295	120'5	Ne	138	*377	150'5	Sr	169	*462	181'5
19.0	Su	109	*298	121'5	Po	139	*380	151'5	Če	170	*464	182'5
20.0	Ne	110	*301	122'5	Ut	140	*383	152'5	Pe	171	*467	183'5
21.0	Po	111	*303	123'5	Sr	141	*385	153'5	Su	172	*470	184'5
22.0	Ut	112	*306	124'5	Če	142	*388	154'5	Ne	173	*473	185'5
23.0	Sr	113	*309	125'5	Po	143	*391	155'5	Po	174	*475	186'5
24.0	Če	114	*311	126'5	Su	144	*393	156'5	Ut	175	*478	187'5
25.0	Pe	115	*314	127'5	Ne	145	*396	157'5	Sr	176	*481	188'5
26.0	Su	116	*317	128'5	Po	146	*399	158'5	Če	177	*484	189'5
27.0	Ne	117	*320	129'5	Ut	147	*402	159'5	Pe	178	*486	190'5
28.0	Po	118	*322	130'5	Sr	148	*404	160'5	Su	179	*489	191'5
29.0	Ut	119	*325	131'5	Če	149	*407	161'5	Ne	180	*492	192'5
30.0	Sr	120	*328	132'5	Pe	150	*410	162'5	Po	181	*495	193'5
31.0					Su	151	*413	163'5				

# KALENDAR 1952.

U 0<sup>h</sup> SVJETSKOG VREMENA

Dan u mjesecu	SRPANJ				KOLOVOZ				RUJAN			
	Dan u sedmici	Dana u godini	Dio godine	Dani julijanskog perioda	Dan u sedmici	Dana u godini	Dio godine	Dani julijanskog perioda	Dan u sedmici	Dana u godini	Dio godine	Dani julijanskog perioda
1 <sup>o</sup>	Ut	182	*497	<b>2434</b> 194 <sup>5</sup>	Po	213	*582	<b>2434</b> 225 <sup>5</sup>	Po	244	*667	<b>2434</b> 256 <sup>5</sup>
2 <sup>o</sup>	Sr	183	*500	195 <sup>5</sup>	Su	214	*585	226 <sup>5</sup>	Ut	245	*669	257 <sup>5</sup>
3 <sup>o</sup>	Če	184	*503	196 <sup>5</sup>	Ne	215	*587	227 <sup>5</sup>	Sr	246	*672	258 <sup>5</sup>
4 <sup>o</sup>	Po	185	*505	197 <sup>5</sup>	Po	216	*590	228 <sup>5</sup>	Če	247	*675	259 <sup>5</sup>
5 <sup>o</sup>	Su	186	*508	198 <sup>5</sup>	Ut	217	*593	229 <sup>5</sup>	Po	248	*678	260 <sup>5</sup>
6 <sup>o</sup>	Ne	187	*511	199 <sup>5</sup>	Sr	218	*596	230 <sup>5</sup>	Su	249	*680	261 <sup>5</sup>
7 <sup>o</sup>	Po	188	*514	200 <sup>5</sup>	Če	219	*598	231 <sup>5</sup>	Ne	250	*683	262 <sup>5</sup>
8 <sup>o</sup>	Ut	189	*516	201 <sup>5</sup>	Po	220	*601	232 <sup>5</sup>	Po	251	*686	263 <sup>5</sup>
9 <sup>o</sup>	Sr	190	*519	202 <sup>5</sup>	Su	221	*604	233 <sup>5</sup>	Ut	252	*689	264 <sup>5</sup>
10 <sup>o</sup>	Če	191	*522	203 <sup>5</sup>	Ne	222	*607	234 <sup>5</sup>	Sr	253	*691	265 <sup>5</sup>
11 <sup>o</sup>	Po	192	*525	204 <sup>5</sup>	Po	223	*609	235 <sup>5</sup>	Če	254	*694	266 <sup>5</sup>
12 <sup>o</sup>	Su	193	*527	205 <sup>5</sup>	Ut	224	*612	236 <sup>5</sup>	Po	255	*697	267 <sup>5</sup>
13 <sup>o</sup>	Ne	194	*530	206 <sup>5</sup>	Sr	225	*615	237 <sup>5</sup>	Su	256	*699	268 <sup>5</sup>
14 <sup>o</sup>	Po	195	*533	207 <sup>5</sup>	Če	226	*617	238 <sup>5</sup>	Ne	257	*702	269 <sup>5</sup>
15 <sup>o</sup>	Ut	196	*536	208 <sup>5</sup>	Po	227	*620	239 <sup>5</sup>	Po	258	*705	270 <sup>5</sup>
16 <sup>o</sup>	Sr	197	*538	209 <sup>5</sup>	Su	228	*623	240 <sup>5</sup>	Ut	259	*708	271 <sup>5</sup>
17 <sup>o</sup>	Če	198	*541	210 <sup>5</sup>	Ne	229	*626	241 <sup>5</sup>	Sr	260	*710	272 <sup>5</sup>
18 <sup>o</sup>	Po	199	*544	211 <sup>5</sup>	Po	230	*628	242 <sup>5</sup>	Če	261	*713	273 <sup>5</sup>
19 <sup>o</sup>	Su	200	*546	212 <sup>5</sup>	Ut	231	*631	243 <sup>5</sup>	Po	262	*716	274 <sup>5</sup>
20 <sup>o</sup>	Ne	201	*549	213 <sup>5</sup>	Sr	232	*634	244 <sup>5</sup>	Su	263	*719	275 <sup>5</sup>
21 <sup>o</sup>	Po	202	*552	214 <sup>5</sup>	Če	233	*637	245 <sup>5</sup>	Ne	264	*721	276 <sup>5</sup>
22 <sup>o</sup>	Ut	203	*555	215 <sup>5</sup>	Po	234	*639	246 <sup>5</sup>	Po	265	*724	277 <sup>5</sup>
23 <sup>o</sup>	Sr	204	*557	216 <sup>5</sup>	Su	235	*642	247 <sup>5</sup>	Ut	266	*727	278 <sup>5</sup>
24 <sup>o</sup>	Če	205	*560	217 <sup>5</sup>	Ne	236	*645	248 <sup>5</sup>	Sr	267	*730	279 <sup>5</sup>
25 <sup>o</sup>	Po	206	*563	218 <sup>5</sup>	Po	237	*648	249 <sup>5</sup>	Če	268	*732	280 <sup>5</sup>
26 <sup>o</sup>	Su	207	*566	219 <sup>5</sup>	Ut	238	*650	250 <sup>5</sup>	Po	269	*735	281 <sup>5</sup>
27 <sup>o</sup>	Ne	208	*568	220 <sup>5</sup>	Sr	239	*653	251 <sup>5</sup>	Su	270	*738	282 <sup>5</sup>
28 <sup>o</sup>	Po	209	*571	221 <sup>5</sup>	Če	240	*656	252 <sup>5</sup>	Ne	271	*740	283 <sup>5</sup>
29 <sup>o</sup>	Ut	210	*574	222 <sup>5</sup>	Po	241	*658	253 <sup>5</sup>	Po	272	*743	284 <sup>5</sup>
30 <sup>o</sup>	Sr	211	*577	223 <sup>5</sup>	Su	242	*661	254 <sup>5</sup>	Ut	273	*746	285 <sup>5</sup>
31 <sup>o</sup>	Če	212	*579	224 <sup>5</sup>	Ne	243	*664	255 <sup>5</sup>				

# KALENDAR 1952.

U 0<sup>h</sup> SVJETSKOG VREMENA

Dan u mjesecu	LISTOPAD				STUDENI				PROSINAC			
	Dan u sedmici	Dana u godini	Dio godine	Dani julijanskog perioda	Dan u sedmici	Dana u godini	Dio godine	Dani julijanskog perioda	Dan u sedmici	Dana u godini	Dio godine	Dani julijanskog perioda
1 <sup>o</sup>	Sr	274	*749	<b>2434</b> 286 <sup>5</sup>	Su	305	*833	<b>2434</b> 317 <sup>5</sup>	Po	335	*915	<b>2434</b> 347 <sup>5</sup>
2 <sup>o</sup>	Če	275	*751	287 <sup>5</sup>	Ne	306	*836	318 <sup>5</sup>	Ut	336	*918	348 <sup>5</sup>
3 <sup>o</sup>	Po	276	*754	288 <sup>5</sup>	Po	307	*839	319 <sup>5</sup>	Sr	337	*921	349 <sup>5</sup>
4 <sup>o</sup>	Su	277	*757	289 <sup>5</sup>	Ut	308	*842	320 <sup>5</sup>	Če	338	*923	350 <sup>5</sup>
5 <sup>o</sup>	Ne	278	*760	290 <sup>5</sup>	Sr	309	*844	321 <sup>5</sup>	Po	339	*926	351 <sup>5</sup>
6 <sup>o</sup>	Po	279	*762	291 <sup>5</sup>	Če	310	*847	322 <sup>5</sup>	Su	340	*929	352 <sup>5</sup>
7 <sup>o</sup>	Ut	280	*765	292 <sup>5</sup>	Po	311	*850	323 <sup>5</sup>	Ne	341	*932	353 <sup>5</sup>
8 <sup>o</sup>	Sr	281	*768	293 <sup>5</sup>	Su	312	*852	324 <sup>5</sup>	Po	342	*934	354 <sup>5</sup>
9 <sup>o</sup>	Če	282	*770	294 <sup>5</sup>	Ne	313	*855	325 <sup>5</sup>	Ut	343	*937	355 <sup>5</sup>
10 <sup>o</sup>	Po	283	*773	295 <sup>5</sup>	Po	314	*858	326 <sup>5</sup>	Sr	344	*940	356 <sup>5</sup>
11 <sup>o</sup>	Su	284	*776	296 <sup>5</sup>	Ut	315	*861	327 <sup>5</sup>	Če	345	*943	357 <sup>5</sup>
12 <sup>o</sup>	Ne	285	*779	297 <sup>5</sup>	Sr	316	*863	328 <sup>5</sup>	Po	346	*945	358 <sup>5</sup>
13 <sup>o</sup>	Po	286	*781	298 <sup>5</sup>	Če	317	*866	329 <sup>5</sup>	Su	347	*948	359 <sup>5</sup>
14 <sup>o</sup>	Ut	287	*784	299 <sup>5</sup>	Po	318	*869	330 <sup>5</sup>	Ne	348	*951	360 <sup>5</sup>
15 <sup>o</sup>	Sr	288	*787	300 <sup>5</sup>	Su	319	*872	331 <sup>5</sup>	Po	349	*954	361 <sup>5</sup>
16 <sup>o</sup>	Če	289	*790	301 <sup>5</sup>	Ne	320	*874	332 <sup>5</sup>	Ut	350	*956	362 <sup>5</sup>
17 <sup>o</sup>	Po	290	*792	302 <sup>5</sup>	Po	321	*877	333 <sup>5</sup>	Sr	351	*959	363 <sup>5</sup>
18 <sup>o</sup>	Su	291	*795	303 <sup>5</sup>	Ut	322	*880	334 <sup>5</sup>	Če	352	*962	364 <sup>5</sup>
19 <sup>o</sup>	Ne	292	*798	304 <sup>5</sup>	Sr	323	*883	335 <sup>5</sup>	Po	353	*964	365 <sup>5</sup>
20 <sup>o</sup>	Po	293	*801	305 <sup>5</sup>	Če	324	*885	336 <sup>5</sup>	Su	354	*967	366 <sup>5</sup>
21 <sup>o</sup>	Ut	294	*803	306 <sup>5</sup>	Po	325	*888	337 <sup>5</sup>	Ne	355	*970	367 <sup>5</sup>
22 <sup>o</sup>	Sr	295	*806	307 <sup>5</sup>	Su	326	*891	338 <sup>5</sup>	Po	356	*973	368 <sup>5</sup>
23 <sup>o</sup>	Če	296	*809	308 <sup>5</sup>	Ne	327	*893	339 <sup>5</sup>	Ut	357	*975	369 <sup>5</sup>
24 <sup>o</sup>	Po	297	*811	309 <sup>5</sup>	Po	328	*896	340 <sup>5</sup>	Sr	358	*978	370 <sup>5</sup>
25 <sup>o</sup>	Su	298	*814	310 <sup>5</sup>	Ut	329	*899	341 <sup>5</sup>	Če	359	*981	371 <sup>5</sup>
26 <sup>o</sup>	Ne	299	*817	311 <sup>5</sup>	Sr	330	*902	342 <sup>5</sup>	Po	360	*984	372 <sup>5</sup>
27 <sup>o</sup>	Po	300	*820	312 <sup>5</sup>	Če	331	*904	343 <sup>5</sup>	Su	361	*986	373 <sup>5</sup>
28 <sup>o</sup>	Ut	301	*822	313 <sup>5</sup>	Po	332	*907	344 <sup>5</sup>	Ne	362	*989	374 <sup>5</sup>
29 <sup>o</sup>	Sr	302	*825	314 <sup>5</sup>	Su	333	*910	345 <sup>5</sup>	Po	363	*992	375 <sup>5</sup>
30 <sup>o</sup>	Če	303	*828	315 <sup>5</sup>	Ne	334	*913	346 <sup>5</sup>	Ut	364	*995	376 <sup>5</sup>
31 <sup>o</sup>	Po	304	*831	316 <sup>5</sup>					Sr	365	*997	377 <sup>5</sup>

## KALENDAR

U kalendaru su navedeni slijedeći podaci za trenutak 0<sup>h</sup> svjetskog vremena: u prvom stupcu datum, u drugom dan u sedmici, u trećem stupcu broj proteklih dana od početka godine, zatim u četvrtom stupcu vrijeme proteklo od početka godine izraženo ne u danima, već u dijelovima godine kao jedinice. U zadnjem stupcu navedeni su za svaki dan julijanski dani. Broj julijanskih dana znači broj dana proteklih od podneva dne 1. siječnja 4713. godine prije naše ere, do određenog datuma, koji se traži. Budući da je u ponoć proteklo upravo pola dana od podneva, završavaju svi julijanski dani sa .5.

## II. EFEMERIDE SUNČEVA SUSTAVA



# SIJEČANJ 1952.

Datum	Oh SVJETSKOG VREMENA					Izlaz i zalaz Sunca u Zagrebu (SEV)	
	SUNCE			Zvezdano vrijeme	Jednadžba vremena: pravo vrijeme minus srednje	Izlaz	Zalaz
	Rektascenzija	Deklinacija	Duljina				
h m s	° ' "	° ' "	h m s	m s	h m	h m	
1	18 41 24.5	-23 06 23	279 31.0	6 38 24.0	-3 00.4	7 38	16 21
2	18 45 49.7	23 01 46	280 32.2	6 42 20.6	3 29.1	7 38	16 22
3	18 50 14.5	22 56 42	281 33.4	6 46 17.1	3 57.4	7 38	16 23
4	18 54 39.0	22 51 11	282 34.5	6 50 13.7	4 25.3	7 38	16 24
5	18 59 03.2	22 45 12	283 35.7	6 54 10.3	4 52.9	7 37	16 25
6	19 03 26.8	-22 38 47	284 36.8	6 58 06.8	-5 20.0	7 37	16 26
7	19 07 50.1	22 31 54	285 38.0	7 02 03.4	5 46.7	7 37	16 27
8	19 12 12.8	22 24 35	286 39.1	7 05 59.9	6 12.9	7 37	16 28
9	19 16 35.1	22 16 50	287 40.2	7 09 56.5	6 38.6	7 37	16 29
10	19 20 56.8	22 08 38	288 41.4	7 13 53.1	7 03.8	7 37	16 30
11	19 25 18.0	-22 00 00	289 42.5	7 17 49.6	-7 28.4	7 36	16 31
12	19 29 38.7	21 50 57	290 43.6	7 21 46.2	7 52.5	7 36	16 32
13	19 33 58.7	21 41 28	291 44.7	7 25 42.7	-8 16.0	7 36	16 34
14	19 38 18.1	21 31 34	292 45.8	7 29 39.3	8 38.8	7 35	16 35
15	19 42 36.9	21 21 15	293 46.9	7 33 35.9	9 01.1	7 35	16 36
16	19 46 55.1	-21 10 31	294 48.0	7 37 32.4	-9 22.7	7 34	16 37
17	19 51 12.6	20 59 23	295 49.1	7 41 29.0	9 43.7	7 34	16 39
18	19 55 29.5	20 47 51	296 50.2	7 45 25.5	10 04.0	7 33	16 40
19	19 59 45.6	20 35 55	297 51.3	7 49 22.1	10 23.6	7 32	16 41
20	20 04 01.1	20 23 36	298 52.3	7 53 18.6	10 42.5	7 32	16 43
21	20 08 15.8	-20 10 53	299 53.4	7 57 15.2	-11 00.6	7 31	16 44
22	20 12 29.8	19 57 48	300 54.5	8 01 11.8	11 18.1	7 30	16 45
23	20 16 43.1	19 44 20	301 55.5	8 05 08.3	11 34.8	7 29	16 47
24	20 20 55.7	19 30 30	302 56.6	8 09 04.9	11 50.8	7 29	16 48
25	20 25 07.4	19 16 18	303 57.6	8 13 01.4	12 06.0	7 28	16 49
26	20 29 18.4	-19 01 45	304 58.7	8 16 58.0	-12 20.4	7 26	16 51
27	20 33 28.6	18 46 51	305 59.7	8 20 54.5	12 34.0	7 25	16 53
28	20 37 38.0	18 31 37	307 00.7	8 24 51.1	12 46.9	7 24	16 54
29	20 41 46.6	18 16 02	308 01.7	8 28 47.7	12 58.9	7 23	16 56
30	20 45 54.3	18 00 08	309 02.6	8 32 44.2	13 10.1	7 22	16 57
31	20 50 01.2	-17 43 54	310 03.6	8 36 40.8	-13 20.4	7 21	16 59

Jan. 7.	Horizontalna paralaksa	Daljina od Zemlje	Polumjer	Precesija u duljini	Nutacija u duljini	Aberacija
7.	8.95	0.98337	16 17.8	-0.06	+7.94	20.82
11.	8.95	0.98338	16 17.8	+1.32	8.50	20.81
21.	8.94	0.98405	16 17.1	2.70	8.96	20.80
31.	8.93	0.98517	16 16.0	4.07	9.28	20.78

# JANUAR 1952.

Datum	MJESEC					PLANETI				
	U Zagrebu (SEV)		Kulminacija u Greenwichu	Promjena za 1 <sup>h</sup> duljine	Starost 0 <sup>h</sup> svi. vr	Oh svjetskog vremena				Kulminacija u Greenwichu
	Izlaz	Zalaz				Rektascenzija	Deklinacija	Daljina od Zemlje	Polumjer	
h m	h m	h m	m	d	h m	° ' "	° ' "	h m	h m	
MERKUR										
1	10 22	21 33	15 57.6	2.04	3.5					
2	10 41	22 51	16 45.0	1.93	4.5					
3	11 00	—	17 30.4	1.87	5.5	1 17 07	-20 21	0.90	3.7	10 28
4	11 18	0 04	18 15.2	1.88	6.5	11 17 48	-22 20	1.10	3.0	10 31
5	11 37	1 16	19 00.7	1.92	7.5	21 18 45	-23 21	1.25	2.7	10 49
VENERA										
6	12 00	2 28	19 47.6	2.00	8.5					
7	12 27	3 38	20 36.5	2.08	9.5	1 15 45	-17 24	1.03	8.1	9 07
8	13 01	4 45	21 27.2	2.14	10.5	11 16 34	-19 54	1.10	7.6	9 17
9	13 43	5 48	22 18.9	2.16	11.5	21 17 25	-21 34	1.17	7.2	9 28
10	14 35	6 43	23 10.4	2.12	12.5					
MARS										
11	15 35	7 28	—	—	13.5	1 13 19	-6 25	1.54	3.0	6 40
12	16 39	8 04	0 00.5	2.05	14.5	11 13 38	-8 13	1.44	3.2	6 20
13	17 46	8 32	0 48.4	1.94	15.5	21 13 56	-9 52	1.34	3.5	5 58
JUPITER										
14	18 53	8 55	1 33.6	1.83	16.5					
15	19 59	9 14	2 16.5	1.75	17.5	1 0 24	+1 10	4.91	18.7	17 43
16	21 05	9 31	2 57.7	1.70	18.5	11 0 28	+1 40	5.07	18.1	17 08
17	22 11	9 47	3 38.2	1.69	19.5	21 0 33	+2 16	5.22	17.6	16 34
18	23 19	10 02	4 19.0	1.73	20.5					
SATURN										
19	—	10 20	5 01.4	1.82	21.5	1 12 57	-3 30	9.61	7.8	6 18
20	0 31	10 40	5 46.8	1.98	22.5	11 12 58	-3 35	9.44	7.9	5 40
21	1 46	11 06	6 36.5	2.18	23.5	21 12 59	-3 36	9.28	8.0	5 01
URAN										
22	3 04	11 39	7 31.8	2.43	24.5					
23	4 23	12 25	8 32.8	2.64	25.5	1 6 53	+23 17	17.84	1.9	0 14
24	5 36	13 27	9 38.0	2.77	26.5	11 6 51	+23 19	17.84	1.9	23 29
25	6 36	14 45	10 44.6	2.74	27.5	21 6 49	+23 22	17.88	1.9	22 48
NEPTUN										
26	7 22	16 11	11 48.9	2.59	28.5					
27	7 56	17 40	12 48.7	2.39	0.1	1 13 22	-6 53	30.49	1.2	6 43
28	8 22	19 06	13 43.6	2.20	1.1	11 13 23	-6 55	30.32	1.2	6 04
29	8 44	20 27	14 34.3	2.05	2.1	21 13 23	-6 55	30.15	1.2	5 25
30	9 03	21 45	15 22.4	1.97	3.1					
PLUTON										
31	9 21	23 00	16 09.0	1.93	4.1	1 9 47	+23 01	35.08	—	3 08

MJESEC			
Mijene Mjeseca (SEV)	Perigej i Apogej (SEV)	Najmanja i najveća vrijednost	
		Horizontalna paralaksa	Polumjer
Jan. 4. ☾ 5h 42m	Jan 12. 7h Apogej	53' 57"	14' 44"
12. ☉ 5 55			
20. ☾ 7 09			
26. ☉ 23 26			



# VELJAČA 1952.

Datum	Oh SVJETSKOG VREMENA					Izlaz i zalaz Sunca u Zagrebu (SEV)	
	SUNCE			Zvezdano vrijeme	Jednadžba vremena: pravo vrijeme minus srednje	Izlar	Zalaz
	Rektascenzija	Deklinacija	Duljina				
h m s	° ' "	° ' "	h m s	m s	h m	h m	
1	20 54 07.3	-17 27 22	311 04.5	8 40 37.3	-13 30.0	7 20	17 00
2	20 58 12.5	-17 10 31	312 05.4	8 44 33.9	13 38.6	7 19	17 02
3	21 02 16.9	-16 53 22	313 06.3	8 48 30.4	13 46.5	7 17	17 03
4	21 06 20.5	-16 35 55	314 07.2	8 52 27.0	13 53.5	7 16	17 04
5	21 10 23.2	-16 18 11	315 08.0	8 56 23.6	13 59.7	7 15	17 06
6	21 14 25.1	-16 00 11	316 08.8	9 00 20.1	-14 05.0	7 14	17 07
7	21 18 26.2	-15 41 53	317 09.6	9 04 16.7	14 09.5	7 12	17 09
8	21 22 26.5	-15 23 20	318 10.4	9 08 13.2	14 13.2	7 11	17 10
9	21 26 25.9	-15 04 32	319 11.1	9 12 09.8	14 16.1	7 10	17 12
10	21 30 24.6	-14 45 28	320 11.8	9 16 06.3	14 18.2	7 08	17 13
11	21 34 22.4	-14 26 09	321 12.5	9 20 02.9	-14 19.5	7 07	17 14
12	21 38 19.5	-14 06 36	322 13.2	9 23 59.4	14 20.1	7 06	17 16
13	21 42 15.8	-13 46 49	323 13.8	9 27 56.0	14 19.8	7 04	17 17
14	21 46 11.4	-13 26 48	324 14.5	9 31 52.6	14 18.8	7 03	17 19
15	21 50 06.2	-13 06 34	325 15.1	9 35 49.1	14 17.1	7 01	17 20
16	21 54 00.3	-12 46 07	326 15.7	9 39 45.7	-14 14.6	6 59	17 22
17	21 57 53.7	-12 25 28	327 16.3	9 43 42.2	14 11.5	6 58	17 24
18	22 01 46.4	-12 04 36	328 16.8	9 47 38.8	14 07.6	6 56	17 25
19	22 05 38.4	-11 43 33	329 17.3	9 51 35.3	14 03.0	6 54	17 27
20	22 09 29.7	-11 22 19	330 17.8	9 55 31.9	13 57.8	6 53	17 28
21	22 13 20.4	-11 00 54	331 18.3	9 59 28.4	-13 51.9	6 51	17 30
22	22 17 10.4	-10 39 18	332 18.8	10 03 25.0	13 45.4	6 49	17 31
23	22 20 59.8	-10 17 33	333 19.2	10 07 21.6	13 38.2	6 48	17 32
24	22 24 48.6	-9 55 38	334 19.6	10 11 18.1	13 30.4	6 46	17 34
25	22 28 36.7	-9 33 33	335 20.0	10 15 14.7	13 22.1	6 44	17 35
26	22 32 24.3	-9 11 21	336 20.4	10 19 11.2	-13 13.1	6 43	17 37
27	22 36 11.3	-8 48 59	337 20.7	10 23 07.8	13 03.5	6 41	17 38
28	22 39 57.7	-8 26 31	338 21.0	10 27 04.3	12 53.3	6 39	17 39
29	22 43 43.5	-8 03 54	339 21.3	10 31 00.9	12 42.6	6 38	17 41

	Horizontalna paralaksa	Daljina od Zemlje	Polumjer	Precesija u duljini	Nutacija u duljini	Aberacija
Feb. 1.	8.93	0.98531	16 15.8	+4.21	+9.30	20.77
11.	8.92	0.98687	16 14.3	5.59	9.44	20.74
21.	8.90	0.98891	16 12.3	6.96	9.43	20.69
29.	8.89	0.99076	16 10.5	8.06	9.32	20.67

# FEBRUAR 1952.

Datum	MJESEC					PLANETI				
	U Zagrebu (SEV)		Kulminacija u Greenwicu	Promjena za 1h duljine	Starost 0h svj. vr.	Oh svjetskog vremena				Kulminacija u Greenwicu
	Izlar	Zalaz				Rektascenzija	Deklinacija	Daljina od Zemlje	Polumjer	
h m	h m	h m	m	d	h m	° ' "	"	h m	h m	
1	9 41	—	16 55.6	1.96	5.1					
2	10 02	0 14	17 43.1	2.01	6.1					
3	10 29	1 26	18 32.1	2.08	7.1	19 56	-22 15	1.35	2.5 11 17	
4	11 01	2 36	19 22.7	2.13	8.1	21 04	-18 54	1.39	2.4 11 45	
5	11 40	3 42	20 14.3	2.16	9.1	22 13	-13 11	1.38	2.4 12 15	
6	12 29	4 39	21 05.9	2.13	10.1					
7	13 25	5 27	21 56.5	2.07	11.1	18 23	-22 14	1.24	6.8 9 43	
8	14 29	6 05	22 45.1	1.98	12.1	19 16	-21 44	1.30	6.5 9 56	
9	15 36	6 36	23 31.3	1.88	13.1	20 08	-20 09	1.35	6.2 10 09	
10	16 44	7 01	—	—	14.1					
11	17 50	7 21	0 15.1	1.78	15.1	14 15	-11 29	1.23	3.8 5 33	
12	18 56	7 38	0 57.1	1.72	16.1	14 30	-12 44	1.13	4.2 5 09	
13	20 03	7 54	1 37.9	1.69	17.1	14 43	-13 47	1.03	4.6 4 43	
14	21 11	8 10	2 18.7	1.72	18.1					
15	22 21	8 27	3 00.4	1.78	19.1	0 40	+ 3 01	5.38	17.1 15 57	
16	23 34	8 45	3 44.3	1.90	20.1	0 47	+ 3 46	5.51	16.7 15 25	
17	—	9 08	4 31.6	2.06	21.1	0 54	+ 4 35	5.63	16.3 14 53	
18	0 50	9 38	5 23.4	2.26	22.1					
19	2 06	10 16	6 20.2	2.47	23.1	12 59	- 3 32	9.11	8.2 4 18	
20	3 19	11 10	7 21.5	2.62	24.1	12 58	- 3 25	8.96	8.3 3 38	
21	4 22	12 18	8 25.3	2.67	25.1	12 57	- 3 14	8.84	8.4 2 57	
22	5 12	13 38	9 28.7	2.60	26.1					
23	5 50	15 05	10 29.4	2.45	27.1	6 47	+ 23 24	17.96	1.9 22 03	
24	6 20	16 31	11 26.0	2.28	28.1	6 46	+ 23 25	18.05	1.9 21 22	
25	6 44	17 55	12 18.9	2.14	29.1	6 45	+ 23 26	18.17	1.9 20 42	
26	7 04	19 15	13 08.9	2.04	0.6					
27	7 24	20 34	13 57.3	2.00	1.6	13 23	- 6 54	29.96	1.2 4 41	
28	7 43	21 52	14 45.3	2.01	2.6	13 22	- 6 52	29.80	1.2 4 02	
29	8 05	23 07	15 33.9	2.05	3.6	13 22	- 6 49	29.66	1.2 3 22	

MJESEC			
Mijene Mjeseca (SEV)	Perigej i Apogej (SEV)	Najmanja i najveća vrijednost	
		Horizontalna paralaksa	Polumjer
Feb. 2 21h 01m			
11. ☾ 1 28	Feb. 8. 10h Apogej	54' 00"	14' 44"
18 ☽ 19 01			
25 ☽ 10 16	Feb. 23. 23h Perigej	60' 52"	16' 36"



# OŽUJAK 1952.

Datum	Ob SVJETSKOG VREMENA						Izlaz i zalaz Sunca u Zagrebu (SEV)	
	SUNCE			Zvezdano vrijeme	Jednadžba vremena: pravo vrijeme minus srednje	Izlaz	Zalaz	
	Rektascenzija	Deklinacija	Duljina					
h m s	° ' "	° ' "	h m s	m s	h m	h m		
1	22 47 28.8	— 7 41 11	340 21.6	10 34 57.4	-12 31.4	6 36	17 42	
2	22 51 13.6	7 18 22	341 21.8	10 38 54.0	12 19.6	6 34	17 43	
3	22 54 57.8	6 55 26	342 21.9	10 42 50.5	12 07.3	6 32	17 45	
4	22 58 41.6	6 32 24	343 22.1	10 46 47.1	11 54.5	6 31	17 46	
5	23 02 24.9	6 09 17	344 22.2	10 50 43.7	11 41.2	6 29	17 47	
6	23 06 07.7	— 5 46 05	345 22.2	10 54 40.2	-11 27.5	6 27	17 49	
7	23 09 50.1	5 22 49	346 22.3	10 58 36.8	11 13.3	6 25	17 50	
8	23 13 32.1	4 59 28	347 22.3	11 02 33.3	10 58.8	6 23	17 52	
9	23 17 13.7	4 36 04	348 22.2	11 06 29.9	10 43.8	6 21	17 54	
10	23 20 54.9	4 12 36	349 22.1	11 10 26.4	10 28.5	6 19	17 55	
11	23 24 35.8	— 3 49 05	350 22.0	11 14 23.0	-10 12.8	6 17	17 56	
12	23 28 16.4	3 25 31	351 21.9	11 18 19.5	9 56.8	6 15	17 58	
13	23 31 56.6	3 01 55	352 21.7	11 22 16.1	9 40.6	6 13	17 59	
14	23 35 36.6	2 38 17	353 21.5	11 26 12.6	9 24.0	6 11	18 00	
15	23 39 16.4	2 14 37	354 21.3	11 30 09.2	9 07.2	6 09	18 02	
16	23 42 55.9	— 1 50 56	355 21.0	11 34 05.7	-8 50.1	6 08	18 03	
17	23 46 35.2	1 27 13	356 20.7	11 38 02.3	8 32.9	6 06	18 04	
18	23 50 14.3	1 03 30	357 20.4	11 41 58.9	8 15.4	6 04	18 05	
19	23 53 53.2	0 39 47	358 20.1	11 45 55.4	7 57.8	6 02	18 07	
20	23 57 32.0	— 0 16 03	359 19.7	11 49 52.0	7 40.1	6 00	18 08	
21	0 01 10.7	+ 0 07 40	0 19.3	11 53 48.5	-7 22.2	5 58	18 09	
22	0 04 49.3	0 31 22	1 18.8	11 57 45.1	7 04.3	5 56	18 11	
23	0 08 27.8	0 55 03	2 18.4	12 01 41.6	6 46.2	5 54	18 12	
24	0 12 06.3	1 18 42	3 17.9	12 05 38.2	6 28.1	5 53	18 13	
25	0 15 44.7	1 42 19	4 17.4	12 09 34.7	6 10.0	5 51	18 14	
26	0 19 23.1	+ 2 05 55	5 16.8	12 13 31.3	-5 51.8	5 49	18 16	
27	0 23 01.4	2 29 27	6 16.2	12 17 27.8	5 33.6	5 47	18 17	
28	0 26 39.8	2 52 56	7 15.6	12 21 24.4	5 15.4	5 45	18 18	
29	0 30 18.2	3 16 22	8 14.9	12 25 20.9	4 57.2	5 43	18 20	
30	0 33 56.6	3 39 44	9 14.2	12 29 17.5	4 39.1	5 41	18 21	
31	0 37 35.0	+ 4 03 01	10 13.5	12 33 14.0	-4 21.0	5 39	18 23	

	Horizontalna paralaksa	Daljina od Zemlje	Polumjer	Precesija u duljinama	Nutacija u duljinama	Aberacija
	"	"	"	"	"	"
Mart 1.	8.88	0.99100	16 10.2	+ 8.20	+ 9.30	20.66
11.	8.86	0.99351	16 07.8	9.58	9.06	20.60
21.	8.83	0.99631	16 05.1	10.95	8.77	20.54
31.	8.81	0.99917	16 02.3	12.33	8.48	20.49

# MART 1952.

Datum	MJESEC						PLANETI				
	U Zagrebu (SEV)		Kulminacija u Greenwichu	Promjena za 1h duljine	Starost 0h svj. vr.	Ob svjetskog vremena					
	Izlaz	Zalaz				Rektascenzija	Deklinacija	Daljina od Zemlje	Polumjer	Kulminacija u Greenwichu	
b m	h m	h m	m	d	h m	° ' "	"	h m			
<b>MERKUR</b>											
1	8 29	—	16 23.8	2.10	4.6						
2	8 59	0 21	17 15.0	2.16	5.6						
3	9 36	1 29	18 07.3	2.18	6.6	1 23 15	- 6 07	1.31	2.6	12 42	
4	10 22	2 31	18 59.6	2.16	7.6	11 0 20	+ 2 50	1.12	3.0	13 07	
5	11 17	3 23	19 50.9	2.10	8.6	21 1 04	+ 9 39	0.85	3.9	13 09	
<b>VENERA</b>											
6	12 19	4 05	20 40.2	2.01	9.6						
7	13 24	4 39	21 27.2	1.91	10.6	1 20 54	-17 53	1.40	6.0	10 19	
8	14 31	5 05	22 11.9	1.82	11.6	11 21 43	-14 35	1.45	5.8	10 29	
9	15 39	5 26	22 54.6	1.75	12.6	21 22 31	-10 36	1.50	5.6	10 37	
10	16 46	5 44	23 36.0	1.72	13.6						
<b>MARS</b>											
11	17 53	6 01	—	—	14.6	1 14 53	-14 33	0.94	5.0	4 18	
12	19 00	6 17	0 17.2	1.73	15.6	11 15 01	-15 10	0.85	5.5	3 47	
13	20 10	6 34	0 59.1	1.78	16.6	21 15 06	-15 32	0.77	6.1	3 11	
<b>JUPITER</b>											
14	21 23	6 52	1 42.8	1.88	17.6						
15	22 38	7 14	2 29.5	2.02	18.6	1 1 01	+ 5 20	5.72	16.1	14 24	
16	23 55	7 41	3 20.0	2.20	19.6	11 1 10	+ 6 13	5.81	15.8	13 53	
17	—	8 16	4 15.0	2.38	20.6	21 1 18	+ 7 06	5.87	15.6	13 23	
18	1 09	9 04	5 14.0	2.53	21.6						
<b>SATURN</b>											
19	2 14	10 05	6 15.5	2.58	22.6	1 12 55	- 3 01	8.75	8.5	2 20	
20	3 07	11 20	7 17.3	2.54	23.6	11 12 53	- 2 45	8.67	8.6	1 38	
21	3 48	12 41	8 16.9	2.42	24.6	21 12 50	- 2 27	8.62	8.7	0 56	
<b>URAN</b>											
22	4 21	14 05	9 13.2	2.27	25.6						
23	4 45	15 27	10 06.1	2.14	26.6	1 6 44	+ 23 27	18.30	1.9	20 06	
24	5 07	16 48	10 56.2	2.05	27.6	11 6 43	+ 23 27	18.45	1.9	19 26	
25	5 26	18 07	11 44.8	2.01	28.6	21 6 43	+ 23 27	18.61	1.8	18 46	
<b>NEPTUN</b>											
26	5 45	19 24	12 32.9	2.02	0.2						
27	6 05	20 42	13 21.7	2.06	1.2	1 13 21	- 6 45	29.55	1.2	2 46	
28	6 29	21 58	14 11.9	2.13	2.2	11 13 21	- 6 40	29.44	1.2	2 06	
29	6 57	23 11	15 03.7	2.19	3.2	21 13 20	- 6 34	29.37	1.2	1 26	
30	7 32	—	15 56.8	2.23	4.2						
31	8 15	0 17	16 50.1	2.21	5.2	1 9 42	+ 23 35	34.85	—	23 03	

MJESEC			
Mijene Mjeseca (SEV)	Perigej i Apogej (SEV)	Najmanja i najveća vrijednost	
		Horizontalna paralaksa	Polumjer
Mart 3. ☾ 14h 43m			
11. ☉ 19 14	Mart 7. 0h Apogej	54' 06"	14' 46"
19. ☾ 3 40			
25. ☉ 21 12	Mart 22. 23h Perigej	60' 00"	16' 22"



# TRAVANJ 1952.

Oh SVJETSKOG VREMENA							Izlaz i zalaz Sunca u Zagrebu (SEV)	
Datum	SUNCE			Zvezdano vrijeme	Jednadžba vremena pravo vrijeme minus srednje	Izlaz i zalaz		
	Rektascenzija	Deklinacija	Duljina			Izlaz	Zalaz	
	h m s	° ' "	° ' "			h m	h m	
1	0 41 13.6	+ 4 26 14	11 12.7	12 37 10.6	- 4 03.0	5 37	18 24	
2	0 44 52.2	4 49 22	12 11.9	12 41 07.2	3 45.0	5 35	18 25	
3	0 48 30.9	5 12 25	13 11.0	12 45 03.7	3 27.2	5 33	18 27	
4	0 52 09.7	5 35 22	14 10.1	12 49 00.3	3 09.5	5 31	18 28	
5	0 55 48.7	5 58 14	15 09.2	12 52 56.8	2 51.9	5 29	18 29	
6	0 59 27.9	+ 6 20 58	16 08.2	12 56 53.4	- 2 34.5	5 27	18 31	
7	1 03 07.2	6 43 37	17 07.2	13 00 49.9	2 17.3	5 25	18 32	
8	1 06 46.8	7 06 08	18 06.2	13 04 46.5	2 00.3	5 24	18 33	
9	1 10 26.5	7 28 32	19 05.1	13 08 43.0	1 43.5	5 22	18 34	
10	1 14 06.5	7 50 49	20 04.0	13 12 39.6	1 26.9	5 20	18 36	
11	1 17 46.8	+ 8 12 57	21 02.8	13 16 36.1	- 1 10.7	5 18	18 37	
12	1 21 27.4	8 34 57	22 01.6	13 20 32.7	0 54.7	5 16	18 38	
13	1 25 08.2	8 56 49	23 00.4	13 24 29.2	0 39.0	5 15	18 39	
14	1 28 49.4	9 18 32	23 59.2	13 28 25.8	0 23.6	5 13	18 41	
15	1 32 31.0	9 40 06	24 57.9	13 32 22.4	- 0 08.6	5 11	18 42	
16	1 36 12.9	+ 10 01 31	25 56.6	13 36 18.9	+ 0 06.1	5 09	18 43	
17	1 39 55.1	10 22 45	26 55.3	13 40 15.5	0 20.3	5 08	18 44	
18	1 43 37.8	10 43 50	27 53.9	13 44 12.0	0 34.2	5 06	18 46	
19	1 47 20.9	11 04 43	28 52.5	13 48 08.6	0 47.7	5 04	18 47	
20	1 51 04.4	11 25 27	29 51.1	13 52 05.1	1 00.7	5 02	18 49	
21	1 54 48.4	+ 11 45 58	30 49.7	13 56 01.7	+ 1 13.3	5 00	18 50	
22	1 58 32.8	12 06 19	31 48.2	13 59 58.2	1 25.5	4 58	18 52	
23	2 02 17.7	12 26 27	32 46.7	14 03 54.8	1 37.2	4 56	18 53	
24	2 06 03.0	12 46 24	33 45.2	14 07 51.4	1 48.4	4 55	18 54	
25	2 09 48.8	13 06 07	34 43.6	14 11 47.9	1 59.1	4 53	18 56	
26	2 13 35.0	+ 13 25 38	35 42.0	14 15 44.5	+ 2 09.4	4 52	18 57	
27	2 17 21.8	13 44 55	36 40.4	14 19 41.0	2 19.2	4 50	18 58	
28	2 21 09.0	14 03 59	37 38.8	14 23 37.6	2 28.5	4 48	18 59	
29	2 24 56.8	14 22 48	38 37.1	14 27 34.1	2 37.3	4 47	19 00	
30	2 28 45.1	14 41 24	39 35.4	14 31 30.7	2 45.6	4 45	19 02	

	Horizontalna paralaksa	Daljina od Zemlje	Polumjer	Precesija u duljini	Nutacija u duljini	Aberacija
	"	' "	' "	"	"	"
Apr. 1.	8.80	0.99945	16 02.0	+12.47	+8.45	20.48
11.	8.78	1.00228	15 59.3	13.84	8.22	20.43
21.	8.75	1.00512	15 56.6	15.22	8.08	20.37
30.	8.73	1.00750	15 54.3	16.46	8.06	20.32

# APRIL 1952.

Datum	MJESEC					PLANETI				
	U Zagrebu (SEV)		Kulminacija u Greenwicu	Promjena za 1h duljine	Starost 0h svj. vr.	Oh svjetskog vremena				Kulminacija u Greenwicu
	Izlaz	Zalaz				Rektascenzija	Deklinacija	Daljina od Zemlje	Polumjer	
	h m	h m	h m	m	d	MERKUR				
1	9 07	1 14	17 42.7	2.15	6.2					
2	10 06	2 01	18 33.2	2.05	7.2					
3	11 11	2 37	19 21.2	1.95	8.2	1 1 04	+ 10 21	0.63	5.3	12 24
4	12 17	3 07	20 06.6	1.85	9.2	11 0 40	+ 5 40	0.59	5.7	11 21
5	13 25	3 29	20 49.9	1.77	10.2	21 0 35	+ 2 18	0.66	5.0	10 37
6	14 32	3 50	21 31.7	1.73	11.2	VENERA				
7	15 38	4 07	22 13.0	1.73	12.2	1 23 22	- 5 40	1.55	5.4	10 45
8	16 46	4 23	22 54.8	1.77	13.2	11 0 07	- 0 53	1.59	5.3	10 51
9	17 56	4 39	23 38.3	1.87	14.2	21 0 52	+ 3 57	1.62	5.2	10 57
10	19 09	4 58	—	—	15.2	MARS				
11	20 25	5 18	0 24.7	2.00	16.2	1 15 05	- 15 38	0.69	6.8	2 27
12	21 43	5 44	1 14.8	2.18	17.2	11 14 59	- 15 27	0.63	7.4	1 42
13	22 59	6 17	2 09.5	2.37	18.2	21 14 48	- 14 58	0.59	8.0	0 52
14	—	7 01	3 08.2	2.51	19.2	JUPITER				
15	0 07	7 59	4 09.7	2.58	20.2	1 1 28	+ 8 05	5.93	15.5	12 49
16	1 04	9 10	5 11.5	2.54	21.2	11 1 37	+ 8 58	5.95	15.4	12 19
17	1 48	10 29	6 11.1	2.42	22.2	21 1 46	+ 9 50	5.96	15.4	11 48
18	2 22	11 49	7 07.3	2.26	23.2	SATURN				
19	2 49	13 10	7 59.8	2.12	24.2	1 12 47	- 2 07	8.60	8.7	0 10
20	3 10	14 29	8 49.2	2.02	25.2	11 12 44	- 1 48	8.61	8.7	23 24
21	3 29	15 46	9 36.9	1.97	26.2	21 12 42	- 1 32	8.66	8.6	22 42
22	3 49	17 03	10 24.0	1.97	27.2	URAN				
23	4 09	18 19	11 11.6	2.01	28.2	1 6 44	+ 23 27	18.80	1.8	18 04
24	4 30	19 35	12 00.8	2.09	29.2	11 6 44	+ 23 26	18.97	1.8	17 25
25	4 56	20 50	12 52.0	2.18	0.7	21 6 45	+ 23 25	19.13	1.8	16 47
26	5 28	22 00	13 45.0	2.23	1.7	NEPTUN				
27	6 07	23 02	14 38.9	2.25	2.7	1 13 19	- 6 28	29.32	1.2	0 41
28	6 57	23 54	15 32.6	2.20	3.7	11 13 18	- 6 21	29.30	1.2	0 00
29	7 53	—	16 24.5	2.11	4.7	21 13 17	- 6 15	29.32	1.3	23 17
30	8 57	0 34	17 13.8	2.00	5.7	PLUTON				
						1 9 39	+ 23 44	35.13	—	20 59

## M J E S E C

Mijene Mjeseca (SEV)	Perigej i Apogej (SEV)	Najmanja i najveća vrijednost	
		Horizontalna paralaksa	Polumjer
Apr. 2. ☾ 9h 48m	Apr. 3. 19h Apogej Apr. 18. 9h Perigej	54' 14"	14 48"
10. ☽ 9 53			
17. ☾ 10 07			
24. ☽ 8 27			



# SVIBANJ 1952.

Datum	Oh SVJETSKOG VREMENA						Izlaz i zalaz Sunca u Zagrebu (SEV)		
	SUNCE			Zvezdano vrijeme	Jednažba vremena: pravo vrijeme minus srednje	Izlaz	Zalaz		
	Rektascenzija	Deklinacija	Duljina					Izlaz	Zalaz
	h m s	° ' "	° ' "	h m s	m s	h m	h m		
1	2 32 33.8	+ 14 59 44	40 33.6	14 35 27.2	+ 2 53.4	4 44	19 03		
2	2 36 23.1	15 17 50	41 31.8	14 39 23.8	3 00.7	4 42	19 04		
3	2 40 12.9	15 35 41	42 30.0	14 43 20.3	3 07.4	4 41	19 05		
4	2 44 03.3	15 53 16	43 28.1	14 47 16.9	3 13.7	4 39	19 07		
5	2 47 54.1	16 10 35	44 26.3	14 51 13.5	3 19.3	4 38	19 08		
6	2 51 45.6	+ 16 27 38	45 24.3	14 55 10.0	+ 3 24.5	4 37	19 09		
7	2 55 37.5	16 44 24	46 22.4	14 59 06.6	3 29.0	4 35	19 10		
8	2 59 30.1	17 00 54	47 20.4	15 03 03.1	3 33.1	4 34	19 12		
9	3 03 23.2	17 17 07	48 18.4	15 06 59.7	3 36.5	4 32	19 13		
10	3 07 16.8	17 33 02	49 16.4	15 10 56.2	3 39.4	4 31	19 14		
11	3 11 11.0	+ 17 48 40	50 14.3	15 14 52.8	+ 3 41.8	4 29	19 16		
12	3 15 05.8	18 04 00	51 12.2	15 18 49.4	3 43.5	4 28	19 17		
13	3 19 01.2	18 19 02	52 10.1	15 22 45.9	3 44.7	4 27	19 18		
14	3 22 57.2	18 33 46	53 08.0	15 26 42.5	3 45.3	4 25	19 20		
15	3 26 53.8	18 48 11	54 05.8	15 30 39.0	3 45.3	4 24	19 21		
16	3 30 50.9	+ 19 02 17	55 03.6	15 34 35.6	+ 3 44.7	4 23	19 22		
17	3 34 48.7	19 16 04	56 01.4	15 38 32.1	3 43.5	4 22	19 23		
18	3 38 47.0	19 29 31	56 59.2	15 42 28.7	3 41.7	4 21	19 24		
19	3 42 45.9	19 42 38	57 57.0	15 46 25.3	3 39.4	4 20	19 25		
20	3 46 45.3	19 55 26	58 54.8	15 50 21.8	3 36.5	4 19	19 26		
21	3 50 45.4	+ 20 07 53	59 52.5	15 54 18.4	+ 3 33.0	4 18	19 27		
22	3 54 45.9	20 19 59	60 50.2	15 58 14.9	3 29.0	4 17	19 28		
23	3 58 47.1	20 31 44	61 47.9	16 02 11.5	3 24.4	4 16	19 29		
24	4 02 48.7	20 43 09	62 45.6	16 06 08.0	3 19.4	4 15	19 30		
25	4 06 50.8	20 54 12	63 43.2	16 10 04.6	3 13.8	4 14	19 31		
26	4 10 53.5	+ 21 04 53	64 40.9	16 14 01.2	+ 3 07.7	4 14	19 32		
27	4 14 56.6	21 15 12	65 38.5	16 17 57.7	3 01.1	4 13	19 33		
28	4 19 00.2	21 25 10	66 36.0	16 21 54.3	2 54.1	4 12	19 34		
29	4 23 04.2	21 34 45	67 33.6	16 25 50.8	2 46.6	4 11	19 35		
30	4 27 08.7	21 43 57	68 31.2	16 29 47.4	2 38.7	4 11	19 36		
31	4 31 13.6	+ 21 52 47	69 28.7	16 33 43.9	+ 2 30.4	4 10	19 37		

	Horizontalna paralaksa	Daljina od Zemlje	Polumjer	Precesija u dujini	Nutacija u dujini	Aberacija
	"	"	"	"	"	"
Maj 1.	8.73	1.00775	15 54.1	+16.60	+8.06	20.31
11.	8.71	1.01012	15 51.9	17.97	8.19	20.26
21.	8.69	1.01228	15 49.8	19.35	8.44	20.22
31.	8.68	1.01401	15 48.2	20.73	8.82	20.18

# MAJ 1952.

Datum	MJESEC					PLANETI				
	U Zagrebu (SEV)		Kulminacija u Greenwicu	Promjena za 1h duljine	Starost Oh svj. vr.	Oh svjetskog vremena				Kulminacija u Greenwicu
	Izlaz	Zalaz				Rektascenzija	Dekli-nacija	Daljina od Zemlje	Polu-mjer	
	h m	h m	h m	m	d	b m	° ' "	"	h m	
1	10 04	1 06	18 00.3	1.88	6.7	MERKUR				
2	11 10	1 32	18 44.1	1.78	7.7	VENERA				
3	12 16	1 53	19 26.1	1.72	8.7	MARS				
4	13 22	2 10	20 07.1	1.71	9.7	JUPITER				
5	14 29	2 27	20 48.3	1.74	10.7	SATURN				
6	15 37	2 44	21 30.8	1.82	11.7	URAN				
7	16 49	3 01	22 16.0	1.96	12.7	NEPTUN				
8	18 04	3 20	23 05.1	2.14	13.7	PLUTON				
9	19 22	3 44	23 58.8	2.35	14.7	MERKUR				
10	20 40	4 15	—	—	15.7	VENERA				
11	21 55	4 56	0 57.5	2.53	16.7	MARS				
12	22 57	5 51	1 59.9	2.64	17.7	JUPITER				
13	23 47	6 59	3 03.4	2.63	18.7	SATURN				
14	—	8 17	4 05.2	2.50	19.7	URAN				
15	0 23	9 39	5 03.2	2.33	20.7	NEPTUN				
16	0 52	11 00	5 56.9	2.15	21.7	PLUTON				
17	1 15	12 19	6 46.8	2.02	22.7	MERKUR				
18	1 35	13 35	7 34.1	1.94	23.7	VENERA				
19	1 54	14 50	8 20.3	1.92	24.7	MARS				
20	2 13	16 04	9 06.6	1.95	25.7	JUPITER				
21	2 33	17 19	9 54.2	2.02	26.7	SATURN				
22	2 57	18 32	10 43.8	2.11	27.7	URAN				
23	3 27	19 44	11 35.6	2.20	28.7	NEPTUN				
24	4 03	20 49	12 29.0	2.24	0.2	PLUTON				
25	4 49	21 45	13 23.0	2.24	1.2	MERKUR				
26	5 43	22 29	14 15.9	2.16	2.2	VENERA				
27	6 45	23 05	15 06.5	2.05	3.2	MARS				
28	7 50	23 33	15 54.1	1.92	4.2	JUPITER				
29	8 56	23 55	16 38.8	1.81	5.2	SATURN				
30	10 02	—	17 21.1	1.73	6.2	URAN				
31	11 08	0 14	18 01.9	1.69	7.2	NEPTUN				

M J E S E C			
Mijene Mjeseca (SEV)		Najmanja i najveća vrijednost	
		Horizontalna paralaksa	Polumjer
Maj 2.	☾ 4h 58m		
9.	☉ 21 16		
16.	☾ 15 39	Maj 1. 15h Apogej	54' 16"
23.	☉ 20 28	Maj 13. 17h Perigej	59' 40"
31.	☾ 22 46	Maj 29. 9h Apogej	54' 11"

# SRPANI 1952.

Ob SVJETSKOG VREMENA							Izlaz i zalaz Sunca u Zagrebu (SEV)	
Datum	SUNCE			Zvezdano vrijeme	Jednadžba vremena: pravo vrijeme minus srednje	Izlaz		
	Rektascenzija	Deklinacija	Duljina			Izlaz	Zalaz	
	h m s	° ' "	° ' "	h m s	m s	h m	h m	
1	6 39 35'0	+ 23 08 07	99 05'3	18 35 57'3	- 3 37'7	4 09	19 50	
2	6 43 43'1	23 04 00	100 02'5	18 39 53'8	3 49.2	4 09	19 50	
3	6 47 50'9	22 59 29	100 59'7	18 43 50'4	4 00'5	4 10	19 50	
4	6 51 58'3	22 54 34	101 56'9	18 47 46'9	4 11'4	4 11	19 49	
5	6 56 05'5	22 49 15	102 54'1	18 51 43'5	4 22'0	4 11	19 49	
6	7 00 12'3	+ 22 43 33	103 51'2	18 55 40'0	- 4 32'3	4 12	19 48	
7	7 04 18'7	22 37 27	104 48'4	18 59 36'6	4 42'1	4 13	19 48	
8	7 08 24'8	22 30 57	105 45'6	19 03 33'2	4 51'7	4 14	19 47	
9	7 12 30'5	22 24 04	106 42'8	19 07 29'7	5 00'8	4 15	19 47	
10	7 16 35'8	22 16 48	107 39'9	19 11 26'3	5 09'5	4 16	19 46	
11	7 20 40'7	+ 22 09 09	108 37'1	19 15 22'8	- 5 17'9	4 17	19 46	
12	7 24 45'2	22 01 07	109 34'3	19 19 19'4	5 25'8	4 17	19 45	
13	7 28 49'2	21 52 42	110 31'5	19 23 16'0	5 33'2	4 18	19 44	
14	7 32 52'8	21 43 55	111 28'7	19 27 12'5	5 40'3	4 19	19 44	
15	7 36 55'9	21 34 45	112 26'0	19 31 09'1	5 46'8	4 20	19 43	
16	7 40 58'5	+ 21 25 13	113 23'2	19 35 05'6	- 5 52'9	4 20	19 42	
17	7 45 00'7	21 15 19	114 20'4	19 39 02'2	5 58'5	4 22	19 42	
18	7 49 02'3	21 05 04	115 17'7	19 42 58'7	6 03'6	4 23	19 41	
19	7 53 03'4	20 54 27	116 15'0	19 46 55'3	6 08'1	4 24	19 40	
20	7 57 04'0	20 43 29	117 12'2	19 50 51'9	6 12'2	4 25	19 39	
21	8 01 04'1	+ 20 32 19	118 09'5	19 54 48'4	- 6 15'6	4 26	19 38	
22	8 05 03'5	20 20 30	119 06'8	19 58 45'0	6 18'6	4 27	19 37	
23	8 09 02'4	20 08 29	120 04'1	20 02 41'5	6 20'9	4 28	19 36	
24	8 13 00'8	19 56 09	121 01'5	20 06 38'1	6 22'7	4 29	19 35	
25	8 16 58'5	19 43 28	121 58'8	20 10 34'6	6 23'8	4 30	19 34	
26	8 20 55'6	+ 19 30 28	122 56'1	20 14 31'2	- 6 24'4	4 31	19 33	
27	8 24 52'1	19 17 09	123 53'4	20 18 27'8	6 24'4	4 32	19 32	
28	8 28 48'1	19 03 30	124 50'8	20 22 24'3	6 23'7	4 33	19 31	
29	8 32 43'3	18 49 33	125 48'2	20 26 20'9	6 22'5	4 34	19 30	
30	8 36 38'0	18 35 17	126 45'5	20 30 17'4	6 20'6	4 35	19 29	
31	8 40 32'1	+ 18 20 43	127 42'9	20 34 14'0	- 6 18'1	4 36	19 27	

	Horizontalna paralaksa	Daljina od Zemlje	Polumjer	Precesija u dujini	Nutacija u dujini	Aberacija
Juli	"	"	"	"	"	"
1.	8'66	1'01672	15 45'7	+24'99	+10'35	20'13
11.	8'66	1'01662	15 45'8	26'37	10'83	20'14
21.	8'66	1'01611	15 46'3	27'74	11'22	20'15
31.	8'67	1'01505	15 47'2	29'12	11'49	20'17

# JULI 1952.

Datum	MJESEC					PLANETI					
	U Zagrebu (SEV)		Kulminacija u Greenwicu	Vremena za h za duljine	Stariost Oh svj. vr.	Ob svjetskog vremena					
	Izlaz	Zalaz				Rektascenzija	Deklinacija	Daljina od Zemlje	Polumjer	Kulminacija u Greenwicu	
	h m	h m	h m	m	d	MERCUR					
1	13 21	23 44	18 43'8	1'90	8'6	h m	° ' "	"	h m	h m	
2	14 34	—	19 31'6	2'10	9'6	7	8 14	+21 31	1'08	3'1	13 39
3	15 50	0 08	20 24'6	2'33	10'6	11	9 09	+16 41	0'92	3'6	13 54
4	17 08	0 40	21 23'3	2'55	11'6	21	9 43	+11 53	0'77	4'3	13 48
5	18 22	1 21	22 26'8	2'71	12'2	VENERA					
6	19 25	2 17	23 32'5	2'73	13'6	1	6 47	+23 39	1'73	4'9	12 12
7	20 15	3 30	—	—	14'6	11	7 40	+22 26	1'73	4'9	12 26
8	20 52	4 53	0 37'1	2'62	15'6	21	8 32	+20 07	1'71	4'9	12 38
9	21 21	6 20	1 37'8	2'43	16'6	MARS					
10	21 44	7 46	2 33'8	2'24	17'6	1	14 04	-14 09	0'75	6'3	19 26
11	22 04	9 08	3 25'7	2'09	18'6	11	14 16	-15 19	0'81	5'8	18 58
12	22 23	10 27	4 14'6	2'09	19'6	21	14 30	-16 39	0'86	5'4	18 54
13	22 44	11 44	5 02'0	1'97	20'6	JUPITER					
14	23 06	12 59	5 49'3	1'98	21'6	1	2 47	+14 56	5'47	16'8	8 10
15	23 31	14 13	6 37'5	2'04	22'6	11	2 53	+15 26	5'34	17'2	7 37
16	—	15 25	7 27'3	2'11	23'6	21	3 00	+15 51	5'20	17'7	7 04
17	0 03	15 32	8 18'9	2'18	24'6	SATURN					
18	0 41	17 33	9 11'7	2'21	25'6	1	12 35	-1 07	9'58	7'8	17 57
19	1 30	18 25	10 04'6	2'19	26'6	11	12 37	-1 19	9'75	7'7	17 19
20	2 26	19 05	10 56'3	2'17	27'6	21	12 39	-1 34	9'91	7'5	16 41
21	3 29	19 38	11 45'7	2'00	28'6	URAN					
22	4 36	20 04	12 32'2	1'88	0'0	1	7 00	+23 05	19'80	1'7	12 23
23	5 42	20 25	13 16'0	1'78	1'0	11	7 03	+23 02	19'80	1'7	11 46
24	6 47	20 42	13 57'5	1'69	2'0	21	7 06	+22 58	19'77	1'7	11 09
25	7 52	20 58	14 37'5	1'65	3'0	NEPTUN					
26	8 56	21 14	15 17'1	1'65	4'0	1	13 12	-5 52	30'11	1'2	18 33
27	10 01	21 30	15 57'2	1'70	5'0	11	13 13	-5 53	30'28	1'2	17 54
28	11 07	21 48	16 39'1	1'80	6'0	21	13 13	-5 56	30'45	1'2	17 15
29	12 17	22 10	17 24'1	1'96	7'0	PLUTON					
30	13 30	22 37	18 13'4	2'16	8'0	1	9 41	+23 18	36'44	—	15 03
31	14 45	23 12	19 07'8	2'38	9'0						

MJESEC			
Mijene Mjeseca (SEV)	Perigej i Apogej (SEV)	Najmanja i najveća vrijednost	
		Horizontalna paralaksa	Polumjer
Juli 7. ☾ 13h 33m	Juli 8. 12h Perigej	61' 07"	16' 41"
14. ☽ 4 42	Juli 23. 9h Apogej	53' 58"	14' 44"
22. ☾ 0 30			
30. ☽ 2 51			



# KOLOVOZ 1952.

Datum	0h SVJETSKOG VREMENA					Izlaz i zalaz Sunca u Zagrebu (SEV)	
	SUNCE			Zvezdano vrijeme	Jednadžba vremena: pravo vrijeme minus srednje	Izlaz	Zalaz
	Rektascenzija	Deklinacija	Duljina				
h m s	° ' "	° ' "	h m s	m s	h m	h m	
1	8 44 25.5	+ 18 05 51	128 40.3	20 38 10.5	- 6 14.9	4 38	19 26
2	8 48 18.3	17 50 42	129 37.7	20 42 07.1	6 11.2	4 39	19 25
3	8 52 10.5	17 35 15	130 35.1	20 46 03.7	6 06.8	4 40	19 23
4	8 56 02.0	17 19 31	131 32.5	20 50 00.2	6 01.8	4 42	19 21
5	8 59 53.0	17 03 30	132 29.9	20 53 56.8	5 56.2	4 43	19 20
6	9 03 43.3	+ 16 47 13	133 27.4	20 57 53.3	- 5 50.0	4 44	19 18
7	9 07 33.1	16 30 39	134 24.8	21 01 49.9	5 43.2	4 45	19 17
8	9 11 22.2	16 13 50	135 22.3	21 05 46.4	5 35.8	4 47	19 16
9	9 15 10.8	15 56 44	136 19.8	21 09 43.0	5 27.8	4 48	19 14
10	9 18 58.8	15 39 24	137 17.4	21 13 39.5	5 19.3	4 49	19 13
11	9 22 46.3	+ 15 21 48	138 14.9	21 17 36.1	- 5 10.2	4 50	19 11
12	9 26 33.2	15 03 57	139 12.5	21 21 32.7	5 00.5	4 51	19 10
13	9 30 19.6	14 45 52	140 10.1	21 25 29.2	4 50.4	4 53	19 08
14	9 34 05.4	14 27 32	141 07.7	21 29 25.8	4 39.6	4 54	19 07
15	9 37 50.7	14 08 59	142 05.4	21 33 22.3	4 28.4	4 55	19 05
16	9 41 35.5	+ 13 50 12	143 03.0	21 37 18.9	- 4 16.6	4 56	19 03
17	9 45 19.8	13 31 12	144 00.7	21 41 15.4	4 04.4	4 57	19 02
18	9 49 03.6	13 11 59	144 58.4	21 45 12.0	3 51.6	4 59	19 00
19	9 52 46.9	12 52 33	145 56.2	21 49 08.5	3 38.3	5 00	18 58
20	9 56 29.7	12 32 55	146 54.0	21 53 05.1	3 24.6	5 01	18 57
21	10 00 12.0	+ 12 13 04	147 51.8	21 57 01.7	- 3 10.3	5 02	18 55
22	10 03 53.8	11 53 03	148 49.6	22 00 58.2	2 55.6	5 03	18 54
23	10 07 35.2	11 32 50	149 47.4	22 04 54.8	2 40.5	5 05	18 52
24	10 11 16.2	11 12 26	150 45.3	22 08 51.3	2 24.9	5 06	18 49
25	10 14 56.7	10 51 51	151 43.2	22 12 47.9	2 08.8	5 07	18 47
26	10 18 36.8	+ 10 31 07	152 41.1	22 16 44.4	- 1 52.3	5 09	18 46
27	10 22 16.4	10 10 12	153 39.0	22 20 41.0	1 35.5	5 10	18 44
28	10 25 55.7	9 49 08	154 37.0	22 24 37.5	1 18.2	5 11	18 42
29	10 29 34.6	9 27 54	155 34.9	22 28 34.1	1 00.5	5 13	18 40
30	10 33 13.1	9 06 32	156 32.9	22 32 30.6	0 42.5	5 14	18 39
31	10 36 51.3	+ 8 45 01	157 30.9	22 36 27.2	- 0 24.1	5 15	18 37

	Horizontalna paralaksa	Daljina od Zemlje	Polumjer	Precesija u duljini	Nutacija u duljini	Aberacija
	"	"	"	"	"	"
Aug. 1.	8.67	1'01492	15 47.4	+29.26	+11.51	20.17
11.	8.68	1'01343	15 48.8	30.63	11.65	20.20
21.	8.70	1'01158	15 50.5	32.01	11.65	20.24
31.	8.72	1'00931	15 52.6	33.39	11.52	20.29

# AUGUST 1952.

Datum	M J E S E C					PLANETI				
	U Zagrebu (SEV)		Kulminacija u Greenwicu	Promjena za 1h duljine	Starost 0h svj. vr.	0h svjetskog vremena				Kulminacija u Greenwicu
	Izlaz	Zalaz				Rektascenzija	Dekli-nacija	Daljina od Zemlje	Polu-mjer	
h m	h m	h m	m	d	h m	° ' "	° ' "	"	h m	
M E R K U R										
1	16 00	—	20 07.4	2.58	10.0					
2	17 07	0 00	21 10.9	2.69	11.0					
3	18 02	1 03	22 15.5	2.67	12.0	1 9 51	+ 8 44	0.64	5.2	13 10
4	18 15	2 21	23 18.3	2.55	13.0	11 9 29	+ 9 49	0.60	5.5	12 08
5	19 19	3 47	—	—	14.0	21 9 07	+13 32	0.71	4.7	11 08
V E N E R A										
6	19 45	5 15	0 17.4	2.38	15.0	1 9 27	+16 30	1.69	5.0	12 50
7	20 07	6 41	1 12.5	2.22	16.0	11 10 15	+12 24	1.67	5.0	12 58
8	20 27	8 03	2 04.2	2.10	17.0	21 11 02	+ 7 46	1.64	5.1	13 05
9	20 47	9 23	2 53.9	2.05	18.0					
10	21 09	10 42	3 42.8	2.04	19.0					
M A R S										
11	21 34	11 59	4 32.1	2.08	20.0	1 14 50	-18 16	0.93	5.0	18 10
12	22 04	13 14	5 22.6	2.13	21.0	11 15 10	-19 45	0.99	4.7	17 51
13	22 41	14 24	6 14.5	2.19	22.0	21 15 33	-21 12	1.05	4.5	17 35
14	23 26	15 28	7 07.5	2.22	23.0					
15	—	16 23	8 00.6	2.20	24.0	1 3 05	+16 14	5.04	18.2	6 26
16	0 20	17 06	8 52.7	2.13	25.0	11 3 10	+16 30	4.89	18.8	5 51
17	1 21	17 41	9 42.7	2.03	26.0	21 3 13	+16 41	4.74	19.4	5 15
18	2 26	18 09	10 30.1	1.92	27.0					
19	3 32	18 31	11 14.6	1.80	28.0	1 12 42	- 1 55	10.08	7.4	16 01
20	4 39	18 49	11 56.8	1.72	29.0	11 12 45	- 2 16	10.21	7.3	15 25
21	5 44	19 06	12 37.4	1.67	0.4	21 12 48	- 2 39	10.34	7.2	14 49
S A T U R N										
22	6 48	19 22	13 17.1	1.65	1.4					
23	7 52	19 37	13 57.0	1.68	2.4	1 7 08	+22 54	19.71	1.7	10 29
24	8 58	19 55	14 38.1	1.75	3.4	11 7 11	+22 50	19.63	1.8	9 52
25	10 07	20 15	15 21.5	1.88	4.4	21 7 13	+22 46	19.53	1.8	9 15
U R A N										
26	11 17	20 39	16 08.4	2.04	5.4					
27	12 31	21 10	16 59.6	2.23	6.4	1 13 13	- 6 00	30.63	1.2	16 33
28	13 43	21 51	17 55.5	2.42	7.4	11 13 14	- 6 04	30.78	1.2	15 54
29	14 51	22 46	18 55.5	2.55	8.4	21 13 15	- 6 10	30.92	1.2	15 16
30	15 50	23 55	19 57.6	2.60	9.4					
P L U T O N										
31	16 38	—	20 59.5	2.54	10.4	1 9 45	+23 00	36.65	—	13 05

M J E S E C			
Mijene Mjeseca (SEV)	Perigej i Apogej (SEV)	Najmanja i najveća vrijednost	
		Horizontalna paralaksa	Polumjer
Aug. 5. ☉ 20h 40m	Aug. 5. 21h Perigej	61' 25"	16' 45"
12. ☾ 14 27			
20. ☽ 16 20			
28. ☿ 13 03	Aug. 19. 12h Apogej	53' 58"	14' 44"

# RUJAN 1952.

Datum	Oh SVJETSKOG VREMENA					Izlaz i zalaz Sunca u Zagrebu (SEV)	
	SUNCE			Zvezdano vrijeme	Jednadžba vremena: pravo vrijeme minus srednje	Izlaz	Zalaz
	Rektascenzija	Deklinacija	Duljina				
h m s	° ' "	° ' "	h m s	m s	h m	h m	
1	10 40 29.1	+ 8 23 22	158 29'0	22 40 23.8	- 0 05.4	5 16	18 35
2	10 44 06.6	8 01 35	159 27'0	22 44 20.3	+ 0 13.7	5 17	18 33
3	10 47 43.9	7 39 40	160 25.1	22 48 16.9	0 33.0	5 19	18 31
4	10 51 20.8	7 17 38	161 23.2	22 52 13.4	0 52.6	5 20	18 29
5	10 54 57.5	6 55 28	162 21.4	22 56 10.0	1 12.5	5 21	18 27
6	10 58 34.0	+ 6 33 12	163 19.5	23 00 06.5	+ 1 32.6	5 22	18 26
7	11 02 10.2	6 10 49	164 17.7	23 04 03.1	1 52.9	5 23	18 24
8	11 05 46.3	5 48 20	165 16.0	23 07 59.6	2 13.4	5 25	18 22
9	11 09 22.2	5 25 43	166 14.3	23 11 56.2	2 34.0	5 26	18 20
10	11 12 58.0	5 03 05	167 12.6	23 15 52.7	2 54.8	5 27	18 18
11	11 16 33.6	+ 4 40 19	168 10.9	23 19 49.3	+ 3 15.7	5 28	18 16
12	11 20 09.2	4 17 28	169 09.3	23 23 45.9	3 36.7	5 30	18 14
13	11 23 44.6	3 54 33	170 07.7	23 27 42.4	3 57.8	5 31	18 12
14	11 27 20.0	3 31 33	171 06.1	23 31 39.0	4 19.0	5 32	18 10
15	11 30 55.3	3 08 29	172 04.6	23 35 35.5	4 40.2	5 34	18 08
16	11 34 30.7	+ 2 45 22	173 03.1	23 39 32.1	+ 5 01.4	5 35	18 06
17	11 38 05.9	2 22 11	174 01.7	23 43 28.6	5 22.7	5 36	18 04
18	11 41 41.2	1 58 58	175 00.3	23 47 25.2	5 43.9	5 38	18 02
19	11 45 16.6	1 35 42	175 58.9	23 51 21.7	6 05.2	5 39	18 00
20	11 48 51.9	1 12 24	176 57.5	23 55 18.3	6 26.4	5 40	17 58
21	11 52 27.3	+ 0 49 04	177 56.2	23 59 14.8	+ 6 47.5	5 41	17 56
22	11 56 02.8	0 25 43	178 54.9	0 03 11.4	7 08.6	5 42	17 54
23	11 59 38.4	+ 0 02 20	179 53.7	0 07 07.9	7 29.5	5 44	17 52
24	12 03 14.1	- 0 21 03	180 52.4	0 11 04.5	7 50.4	5 45	17 51
25	12 06 49.9	0 44 27	181 51.2	0 15 01.0	8 11.2	5 46	17 49
26	12 10 25.9	- 1 07 50	182 50.1	0 18 57.6	+ 8 31.7	5 47	17 47
27	12 14 02.0	1 31 13	183 48.9	0 22 54.2	8 52.2	5 48	17 45
28	12 17 38.3	1 54 36	184 47.8	0 26 50.7	9 12.4	5 50	17 43
29	12 21 14.8	2 17 57	185 46.7	0 30 47.3	9 32.5	5 51	17 41
30	12 24 51.5	2 41 17	186 45.7	0 34 43.8	9 52.3	5 52	17 39

	Horizontalna paralaksa	Daljina od Zemlje	Polumjer	Precesija u duljini	Nutacija u duljini	Aberacija
	"	"	"	"	"	"
Sep. 1.	8.72	1.60967	15 52.9	+33.53	+11.50	20.27
11.	8.74	1.00656	15 55.2	34.90	11.26	20.34
21.	8.77	1.00387	15 57.8	36.28	10.97	20.39
30.	8.79	1.00127	16 00.3	37.52	10.68	20.45

# SEPTEMBAR 1952.

Datum	MJESEC					PLANETI				
	U Zagrebu (SEV)		Kulminacija u Greenwichu	Promjena za 1 h duljine	Starost 0h svj. vr.	Oh svjetskog vremena				Kulminacija u Greenwichu
	Izlaz	Zalaz				Rektascenzija	Deklinacija	Daljina od Zemlje	Polumjer	
h m	h m	h m	m	d	h m	° ' "	"	"	h m	
MERKUR										
1	17 14	1 15	21 59.1	2.42	11.4					
2	17 44	2 41	22 55.6	2.28	12.4					
3	18 07	4 07	23 49.0	2.18	13.4	17 09 32	+14 51	0.97	3.4	10 52
4	18 28	5 32	—	—	14.4	17 10 34	+10 48	1.22	2.7	11 16
5	18 49	6 54	0 40.3	2.11	15.4	21 11 44	+ 3 33	1.37	2.4	11 46
VENERA										
6	19 10	8 15	1 30.7	2.10	16.4					
7	19 35	9 35	2 21.3	2.13	17.4	11 11 51	+ 2 16	1.60	5.3	13 11
8	20 04	10 54	3 12.9	2.18	18.4	11 12 36	- 2 52	1.56	5.4	13 17
9	20 38	12 10	4 05.9	2.23	19.4	21 13 21	- 7 57	1.52	5.5	13 22
10	21 21	13 18	4 59.9	2.26	20.4					
MARS										
11	22 13	14 16	5 54.2	2.25	21.4	11 16 00	-22 39	1.11	4.2	17 19
12	23 13	15 05	6 47.4	2.18	22.4	11 16 27	-23 46	1.17	4.0	17 06
13	—	15 42	7 38.5	2.07	23.4	21 16 55	-24 38	1.22	3.8	16 56
JUPITER										
14	0 17	16 12	8 26.8	1.95	24.4					
15	1 23	16 36	9 12.3	1.84	25.4	11 3 15	+16 47	4.57	20.1	4 34
16	2 29	16 56	9 55.2	1.75	26.4	11 3 16	+16 48	4.43	20.7	3 55
17	3 35	17 13	10 36.4	1.69	27.4	21 3 15	+16 43	4.30	21.4	3 15
SATURN										
18	4 39	17 29	11 16.5	1.66	28.4					
19	5 44	17 46	11 56.5	1.69	29.4	11 12 52	- 3 47	10.46	7.1	14 10
20	6 50	18 02	12 37.6	1.75	0.7	11 12 56	- 3 34	10.54	7.7	13 34
21	7 58	18 21	13 20.6	1.85	1.7	21 13 01	- 4 01	10.60	7.0	12 59
URAN										
22	9 08	18 44	14 06.5	1.99	2.7					
23	10 20	19 13	14 56.3	2.16	3.7	11 7 15	+23 43	19.40	1.8	8 34
24	11 32	19 50	15 50.2	2.33	4.7	11 7 17	+23 40	19.25	1.8	7 56
25	12 42	20 40	16 47.8	2.45	5.7	21 7 18	+22 37	19.10	1.8	7 18
NEPTUN										
26	13 42	21 47	17 47.6	2.51	6.7					
27	14 32	22 56	18 47.7	2.48	7.7	11 13 16	- 6 17	31.05	1.2	14 33
28	15 11	—	19 46.1	2.38	8.7	11 13 17	- 6 25	31.15	1.2	13 55
29	15 42	0 16	20 41.9	2.27	9.7	21 13 18	- 6 32	31.23	1.2	13 17
30	16 08	1 40	21 35.0	2.17	10.7					
PLUTON										
1	9 49	+22 43	36.60	—	11 07					

M J E S E C			
Mijene Mjeseca (SEV)	Perigej i Apogej (SEV)	Najmanja i najveća vrijednost:	
		Horizontalna paralaksa	Polumjer
Sep. 4. ☾ 4h 19m	Sep. 3. 7h Perigej	61' 11"	16' 42"
11. ☾ 3 36			
19. ☽ 8 22	Sep. 15. 20h Apogej	54' 03"	14' 45"
26. ☽ 21 31			



# LISTOPAD 1952.

Oh SVJETSKOG VREMENA								Izlaz i zalaz Sunca u Zagrebu (SEV)	
Datum	SUNCE			Zvezdano vrijeme	Jednadžba vremena: pravo vrijeme minus srednje	Izlaz		Zalaz	
	Rektascenzija	Deklinacija	Duljina			Izlaz	Zalaz		
	h m s	° ' "	°			h m s	m s	h m	h m
1	12 28 28.5	- 3 04 36	187 44.7	0 38 40.4	+10 11.9	5 53	17 37		
2	12 32 05.8	3 27 52	188 43.7	0 42 36.9	10 31.2	5 55	17 35		
3	12 35 43.3	3 51 06	189 42.7	0 46 33.5	10 50.2	5 56	17 34		
4	12 39 21.2	4 14 17	190 41.8	0 50 30.0	11 08.9	5 57	17 32		
5	12 42 59.4	4 37 26	191 40.9	0 54 26.6	11 27.2	5 59	17 30		
6	12 46 38.0	- 5 00 31	192 40.0	0 58 23.1	+11 45.2	6 00	17 27		
7	12 50 16.9	5 23 32	193 39.2	1 02 19.7	12 02.7	6 02	17 25		
8	12 53 56.3	5 46 30	194 38.4	1 06 16.2	12 19.9	6 03	17 23		
9	12 57 36.2	6 09 23	195 37.7	1 10 12.8	12 36.6	6 04	17 22		
10	13 01 16.5	6 32 11	196 37.0	1 14 09.3	12 52.9	6 06	17 20		
11	13 04 57.2	- 6 54 54	197 36.3	1 18 05.9	+13 08.7	6 07	17 18		
12	13 08 38.5	7 17 32	198 35.7	1 22 02.5	13 24.0	6 08	17 16		
13	13 12 20.3	7 40 04	199 35.1	1 25 59.0	13 38.8	6 10	17 14		
14	13 16 02.6	8 02 30	200 34.5	1 29 55.6	13 53.0	6 11	17 13		
15	13 19 45.4	8 24 49	201 34.0	1 33 52.1	14 06.7	6 12	17 11		
16	13 23 28.9	8 47 01	202 33.5	1 37 48.7	+14 19.8	6 13	17 09		
17	13 27 12.9	9 09 05	203 33.1	1 41 45.2	14 32.4	6 15	17 07		
18	13 30 57.5	9 31 02	204 32.7	1 45 41.8	14 44.3	6 16	17 06		
19	13 34 42.7	9 52 51	205 32.3	1 49 38.3	14 55.7	6 17	17 04		
20	13 38 28.5	10 14 30	206 32.0	1 53 34.9	15 06.4	6 19	17 02		
21	13 42 15.0	- 10 36 01	207 31.7	1 57 31.4	+15 16.4	6 20	17 01		
22	13 46 02.1	10 57 22	208 31.4	2 01 28.0	15 25.9	6 21	16 59		
23	13 49 49.9	11 18 34	209 31.1	2 05 24.6	15 34.6	6 23	16 57		
24	13 53 38.4	11 39 35	210 30.9	2 09 21.1	15 42.7	6 24	16 56		
25	13 57 27.5	12 00 25	211 30.7	2 13 17.7	15 50.1	6 26	16 54		
26	14 01 17.4	- 12 21 04	212 30.6	2 17 14.2	+15 56.9	6 27	16 52		
27	14 05 07.9	12 41 32	213 30.5	2 21 10.8	16 02.9	6 29	16 50		
28	14 08 59.2	13 01 47	214 30.4	2 25 07.3	16 08.1	6 30	16 49		
29	14 12 51.2	13 21 51	215 30.3	2 29 03.9	16 12.7	6 32	16 47		
30	14 16 44.0	13 41 41	216 30.2	2 33 00.4	16 16.5	6 33	16 46		
31	14 20 37.5	- 14 01 19	217 30.2	2 36 57.0	+16 19.5	6 35	16 44		

	Horizontalna paralaksa	Daljina od Zemlje	Polumjer	Precesija u duljini	Nutacija u duljini	Aberacija
	"	"	"	"	"	"
Okt. 1.	8.79	1.00097	16 00.6	+37.65	+10 65	20.45
11.	8.82	0.99812	16 03.3	39.03	10.38	20.51
21.	8.84	0.99532	16 06.0	40.41	10.19	20.56
31.	8.86	0.99256	16 08.7	41.78	10.12	20.62

# OKTOBAR 1952.

Datum	MJESEC					PLANETI				
	U Zagrebu (SEV)		Kulminacija u Greenwichu	Promjena za 1h duljine	Starost 0h svj. vr.	Oh svjetskog vremena				Kulminacija u Greenwichu
	Izlaz	Zalaz				Rektascenzija	Deklinacija	Daljina od Zemlje	Polumjer	
	h m	h m	h m	m	d	MERCUR				
1	16 30	3 03	22 26.2	2.11	11.7	h m	° ' "	"	h m	h m
2	16 51	4 24	23 16.5	2.10	12.7	12 48	- 4 16	1.41	2.4	12 11
3	17 12	5 46	—	—	13.7	11 13 48	-11 27	1.39	2.4	12 31
4	17 35	7 07	0 07.1	2.13	14.7	21 14 46	-17 30	1.32	2.5	12 49
5	18 01	8 27	0 58.9	2.19	15.7	VENERA				
6	18 34	9 46	1 52.4	2.27	16.7	14 07	-12 44	1.47	5.7	13 29
7	19 15	10 59	2 47.5	2.32	17.7	11 14 55	-17 02	1.42	5.9	13 37
8	20 04	12 04	3 43.2	2.31	18.7	21 15 44	-20 38	1.37	6.1	13 48
9	21 01	12 58	4 38.2	2.25	19.7	MARS				
10	22 05	13 40	5 31.2	2.15	20.7	17 25	-25 11	1.28	3.7	16 46
11	23 11	14 13	6 21.1	2.01	21.7	11 17 56	-25 21	1.34	3.5	16 38
12	—	14 40	7 07.9	1.88	22.7	21 18 28	-25 08	1.39	3.4	16 30
13	0 18	15 00	7 51.7	1.78	23.7	JUPITER				
14	1 23	15 18	8 33.4	1.70	24.7	3 13	+16 33	4.19	21.9	2 34
15	2 27	15 35	9 13.8	1.67	25.7	11 3 09	+16 19	4.10	22.4	1 51
16	3 32	15 52	9 53.9	1.68	26.7	21 3 05	+16 00	4.04	22.8	1 07
17	4 38	16 08	10 34.8	1.74	27.7	SATURN				
18	5 45	16 27	11 17.5	1.83	28.7	13 05	- 4 29	10.64	7.0	12 25
19	6 55	16 49	12 03.1	1.98	0.1	11 13 10	- 4 57	10.65	7.0	11 50
20	8 08	17 17	12 52.4	2.14	1.1	21 13 14	- 5 25	10.64	7.0	11 15
21	9 22	17 51	13 45.8	2.31	2.1	URAN				
22	10 33	18 37	14 43.0	2.44	3.1	7 19	+22 36	18.93	1.8	6 40
23	11 37	19 35	15 42.4	2.49	4.1	11 7 20	+22 35	18.76	1.8	6 01
24	12 29	20 46	16 42.0	2.46	5.1	21 7 21	+22 34	18.59	1.8	5 22
25	13 11	22 04	17 40.0	2.36	6.1	NEPTUN				
26	13 44	23 24	18 35.1	2.23	7.1	13 20	- 6 40	31.28	1.2	12 39
27	14 10	—	19 27.3	2.13	8.1	11 13 21	- 6 49	31.30	1.2	12 01
28	14 32	0 44	20 17.3	2.05	9.1	21 13 23	- 6 57	31.29	1.2	11 23
29	14 53	2 03	21 06.2	2.03	10.1	PLUTON				
30	15 13	3 22	21 55.3	2.07	11.1	9 52	+22 32	36.31	—	9 12
31	15 35	4 40	22 45.6	2.14	12.1	M J E S E C				
	Mijene Mjeseca (SEV)		Perigej i Apogej (SEV)		Najmanja i najveća vrijednost					
					Horizontalna paralaksa	Polumjer				
Okt. 3.	☾ 13h 15m		Okt. 1. 14h Perigej		60' 31"	16' 31"				
10.	☽ 20 33		Okt. 13. 11h Apogej		54' 11"	14' 47"				
18.	☾ 23 42		Okt. 29. 7h Perigej		59' 39"	16' 17"				
26.	☽ 5 04									

ELEMENTI ZA FIZIČKA OPAŽANJA SUNCA

Datum	P	B <sub>0</sub>	L <sub>0</sub>	Datum	P	B <sub>0</sub>	L <sub>0</sub>
Jan. 1	+ 2 <sup>o</sup> 5	- 3 <sup>o</sup> 0	289 <sup>o</sup> 2	Apr. 3	- 26 <sup>o</sup> 3	- 6 <sup>o</sup> 4	144 <sup>o</sup> 1
4	+ 1 <sup>o</sup> 1	3 <sup>o</sup> 3	249 <sup>o</sup> 7	6	26 <sup>o</sup> 4	6 <sup>o</sup> 2	104 <sup>o</sup> 5
7	- 0 <sup>o</sup> 4	3 <sup>o</sup> 7	210 <sup>o</sup> 2	9	26 <sup>o</sup> 4	6 <sup>o</sup> 0	64 <sup>o</sup> 9
10	1 <sup>o</sup> 9	4 <sup>o</sup> 0	170 <sup>o</sup> 7	12	26 <sup>o</sup> 3	5 <sup>o</sup> 8	25 <sup>o</sup> 3
13	3 <sup>o</sup> 3	4 <sup>o</sup> 3	131 <sup>o</sup> 2	15	26 <sup>o</sup> 1	5 <sup>o</sup> 6	345 <sup>o</sup> 7
16	4 <sup>o</sup> 7	4 <sup>o</sup> 6	91 <sup>o</sup> 7	18	25 <sup>o</sup> 9	5 <sup>o</sup> 3	306 <sup>o</sup> 1
19	6 <sup>o</sup> 1	4 <sup>o</sup> 9	52 <sup>o</sup> 2	21	25 <sup>o</sup> 6	5 <sup>o</sup> 1	266 <sup>o</sup> 5
22	7 <sup>o</sup> 5	5 <sup>o</sup> 2	12 <sup>o</sup> 7	24	25 <sup>o</sup> 3	4 <sup>o</sup> 8	226 <sup>o</sup> 8
25	8 <sup>o</sup> 8	5 <sup>o</sup> 5	333 <sup>o</sup> 2	27	24 <sup>o</sup> 9	4 <sup>o</sup> 5	187 <sup>o</sup> 2
28	10 <sup>o</sup> 2	5 <sup>o</sup> 7	293 <sup>o</sup> 7	30	24 <sup>o</sup> 4	4 <sup>o</sup> 2	147 <sup>o</sup> 6
31	11 <sup>o</sup> 4	5 <sup>o</sup> 9	254 <sup>o</sup> 2	Maj 3	- 23 <sup>o</sup> 9	3 <sup>o</sup> 9	107 <sup>o</sup> 9
Feb. 3	- 12 <sup>o</sup> 7	- 6 <sup>o</sup> 1	214 <sup>o</sup> 7	6	23 <sup>o</sup> 2	3 <sup>o</sup> 6	68 <sup>o</sup> 2
6	13 <sup>o</sup> 3	6 <sup>o</sup> 3	175 <sup>o</sup> 2	9	22 <sup>o</sup> 6	3 <sup>o</sup> 3	23 <sup>o</sup> 6
9	15 <sup>o</sup> 0	6 <sup>o</sup> 5	135 <sup>o</sup> 7	12	21 <sup>o</sup> 8	2 <sup>o</sup> 9	348 <sup>o</sup> 9
12	16 <sup>o</sup> 1	6 <sup>o</sup> 7	96 <sup>o</sup> 2	15	21 <sup>o</sup> 0	2 <sup>o</sup> 6	309 <sup>o</sup> 2
15	17 <sup>o</sup> 1	6 <sup>o</sup> 8	56 <sup>o</sup> 7	18	20 <sup>o</sup> 2	2 <sup>o</sup> 3	269 <sup>o</sup> 6
18	18 <sup>o</sup> 1	6 <sup>o</sup> 9	17 <sup>o</sup> 2	21	19 <sup>o</sup> 3	1 <sup>o</sup> 9	229 <sup>o</sup> 9
21	19 <sup>o</sup> 1	7 <sup>o</sup> 0	337 <sup>o</sup> 7	24	18 <sup>o</sup> 3	1 <sup>o</sup> 5	190 <sup>o</sup> 2
24	20 <sup>o</sup> 0	7 <sup>o</sup> 1	298 <sup>o</sup> 2	27	17 <sup>o</sup> 3	1 <sup>o</sup> 2	150 <sup>o</sup> 5
27	20 <sup>o</sup> 8	7 <sup>o</sup> 2	258 <sup>o</sup> 7	30	16 <sup>o</sup> 2	0 <sup>o</sup> 8	110 <sup>o</sup> 8
Mar. 1	- 21 <sup>o</sup> 6	- 7 <sup>o</sup> 2	219 <sup>o</sup> 1	Jun. 2	- 15 <sup>o</sup> 1	- 0 <sup>o</sup> 5	71 <sup>o</sup> 1
4	22 <sup>o</sup> 4	7 <sup>o</sup> 3	179 <sup>o</sup> 6	5	14 <sup>o</sup> 0	- 0 <sup>o</sup> 1	31 <sup>o</sup> 4
7	23 <sup>o</sup> 0	7 <sup>o</sup> 3	140 <sup>o</sup> 1	8	12 <sup>o</sup> 8	+ 0 <sup>o</sup> 3	351 <sup>o</sup> 7
10	23 <sup>o</sup> 6	7 <sup>o</sup> 2	90 <sup>o</sup> 6	11	11 <sup>o</sup> 5	0 <sup>o</sup> 6	312 <sup>o</sup> 0
13	24 <sup>o</sup> 2	7 <sup>o</sup> 2	61 <sup>o</sup> 0	14	10 <sup>o</sup> 3	1 <sup>o</sup> 0	272 <sup>o</sup> 3
16	24 <sup>o</sup> 7	7 <sup>o</sup> 1	21 <sup>o</sup> 5	17	9 <sup>o</sup> 0	1 <sup>o</sup> 3	232 <sup>o</sup> 5
19	25 <sup>o</sup> 1	7 <sup>o</sup> 1	341 <sup>o</sup> 9	20	7 <sup>o</sup> 7	1 <sup>o</sup> 7	192 <sup>o</sup> 8
22	25 <sup>o</sup> 5	7 <sup>o</sup> 0	302 <sup>o</sup> 4	23	6 <sup>o</sup> 3	2 <sup>o</sup> 0	153 <sup>o</sup> 1
25	25 <sup>o</sup> 8	6 <sup>o</sup> 8	262 <sup>o</sup> 8	26	5 <sup>o</sup> 0	2 <sup>o</sup> 4	113 <sup>o</sup> 4
28	25 <sup>o</sup> 0	6 <sup>o</sup> 7	223 <sup>o</sup> 3	29	3 <sup>o</sup> 6	2 <sup>o</sup> 7	73 <sup>o</sup> 7
31	26 <sup>o</sup> 2	6 <sup>o</sup> 6	183 <sup>o</sup> 7				

PRIKLON EKLIPTIKE

Datum	P	B <sub>0</sub>	L <sub>0</sub>
Jan. 1.	23	26	51 <sup>o</sup> 6
Feb. 1.			51 <sup>o</sup> 9
Mar. 1.			52 <sup>o</sup> 2
Apr. 1.			52 <sup>o</sup> 0
Maj 1.			51 <sup>o</sup> 5
Jun. 1.			50 <sup>o</sup> 9

CARRINGTONOVE ROTACIJE SUNCA

Datum	d	Br.	L <sub>0</sub>
Jan. 23 <sup>o</sup> 0			1316
Feb. 19 <sup>o</sup> 3			1317
Mar. 17 <sup>o</sup> 6			1318
Apr. 13 <sup>o</sup> 9			1319
Maj 11 <sup>o</sup> 2			1320
Jun. 7 <sup>o</sup> 4			1321
Jul. 4 <sup>o</sup> 6			1322

ELEMENTI ZA FIZIČKA OPAŽANJA SUNCA

Datum	P	B <sub>0</sub>	L <sub>0</sub>	Datum	P	B <sub>0</sub>	L <sub>0</sub>
Jul. 2	- 2 <sup>o</sup> 3	+ 3 <sup>o</sup> 1	34 <sup>o</sup> 0	Okt. 3	+ 26 <sup>o</sup> 2	+ 6 <sup>o</sup> 6	244 <sup>o</sup> 9
5	- 0 <sup>o</sup> 9	3 <sup>o</sup> 4	354 <sup>o</sup> 3	6	26 <sup>o</sup> 3	6 <sup>o</sup> 4	205 <sup>o</sup> 3
8	+ 0 <sup>o</sup> 5	3 <sup>o</sup> 7	314 <sup>o</sup> 6	9	26 <sup>o</sup> 4	6 <sup>o</sup> 2	165 <sup>o</sup> 7
11	1 <sup>o</sup> 8	4 <sup>o</sup> 0	274 <sup>o</sup> 9	12	26 <sup>o</sup> 4	6 <sup>o</sup> 0	126 <sup>o</sup> 1
14	3 <sup>o</sup> 2	4 <sup>o</sup> 3	235 <sup>o</sup> 2	18	26 <sup>o</sup> 3	5 <sup>o</sup> 8	86 <sup>o</sup> 6
17	4 <sup>o</sup> 5	4 <sup>o</sup> 6	195 <sup>o</sup> 5	15	26 <sup>o</sup> 2	5 <sup>o</sup> 6	47 <sup>o</sup> 0
20	5 <sup>o</sup> 8	4 <sup>o</sup> 9	155 <sup>o</sup> 8	21	25 <sup>o</sup> 9	5 <sup>o</sup> 3	7 <sup>o</sup> 4
23	7 <sup>o</sup> 1	5 <sup>o</sup> 1	116 <sup>o</sup> 1	24	25 <sup>o</sup> 7	5 <sup>o</sup> 1	327 <sup>o</sup> 9
26	8 <sup>o</sup> 4	5 <sup>o</sup> 4	76 <sup>o</sup> 4	27	25 <sup>o</sup> 3	4 <sup>o</sup> 8	288 <sup>o</sup> 3
29	9 <sup>o</sup> 6	5 <sup>o</sup> 6	36 <sup>o</sup> 7	30	24 <sup>o</sup> 9	4 <sup>o</sup> 5	248 <sup>o</sup> 7
Aug. 1	+ 10 <sup>o</sup> 9	+ 5 <sup>o</sup> 8	357 <sup>o</sup> 1	Nov. 2	+ 24 <sup>o</sup> 4	+ 4 <sup>o</sup> 2	209 <sup>o</sup> 2
4	12 <sup>o</sup> 0	6 <sup>o</sup> 0	317 <sup>o</sup> 4	5	23 <sup>o</sup> 9	3 <sup>o</sup> 9	169 <sup>o</sup> 6
7	13 <sup>o</sup> 2	6 <sup>o</sup> 2	277 <sup>o</sup> 7	8	23 <sup>o</sup> 2	3 <sup>o</sup> 6	130 <sup>o</sup> 1
10	14 <sup>o</sup> 3	6 <sup>o</sup> 4	238 <sup>o</sup> 0	11	22 <sup>o</sup> 5	3 <sup>o</sup> 2	90 <sup>o</sup> 5
13	15 <sup>o</sup> 4	6 <sup>o</sup> 6	198 <sup>o</sup> 4	14	21 <sup>o</sup> 7	2 <sup>o</sup> 9	51 <sup>o</sup> 0
16	16 <sup>o</sup> 4	6 <sup>o</sup> 7	158 <sup>o</sup> 7	17	20 <sup>o</sup> 9	2 <sup>o</sup> 5	11 <sup>o</sup> 4
19	17 <sup>o</sup> 4	6 <sup>o</sup> 9	119 <sup>o</sup> 1	20	20 <sup>o</sup> 0	2 <sup>o</sup> 2	331 <sup>o</sup> 9
22	18 <sup>o</sup> 3	7 <sup>o</sup> 0	79 <sup>o</sup> 4	23	19 <sup>o</sup> 0	1 <sup>o</sup> 8	292 <sup>o</sup> 3
25	19 <sup>o</sup> 2	7 <sup>o</sup> 1	39 <sup>o</sup> 8	26	18 <sup>o</sup> 0	1 <sup>o</sup> 4	252 <sup>o</sup> 8
28	20 <sup>o</sup> 1	7 <sup>o</sup> 1	0 <sup>o</sup> 2	29	16 <sup>o</sup> 9	1 <sup>o</sup> 1	213 <sup>o</sup> 2
31	20 <sup>o</sup> 9	7 <sup>o</sup> 2	320 <sup>o</sup> 5	Dec. 2	+ 15 <sup>o</sup> 8	+ 0 <sup>o</sup> 7	173 <sup>o</sup> 7
Sep. 3	+ 21 <sup>o</sup> 6	+ 7 <sup>o</sup> 2	280 <sup>o</sup> 9	5	14 <sup>o</sup> 6	+ 0 <sup>o</sup> 3	134 <sup>o</sup> 2
6	22 <sup>o</sup> 3	7 <sup>o</sup> 3	241 <sup>o</sup> 3	8	13 <sup>o</sup> 3	- 0 <sup>o</sup> 1	94 <sup>o</sup> 6
9	23 <sup>o</sup> 0	7 <sup>o</sup> 3	201 <sup>o</sup> 7	11	12 <sup>o</sup> 0	0 <sup>o</sup> 5	55 <sup>o</sup> 1
12	23 <sup>o</sup> 6	7 <sup>o</sup> 2	162 <sup>o</sup> 0	14	10 <sup>o</sup> 7	0 <sup>o</sup> 9	15 <sup>o</sup> 6
15	24 <sup>o</sup> 1	7 <sup>o</sup> 2	122 <sup>o</sup> 4	17	9 <sup>o</sup> 3	1 <sup>o</sup> 2	336 <sup>o</sup> 1
18	24 <sup>o</sup> 6	7 <sup>o</sup> 1	82 <sup>o</sup> 8	20	7 <sup>o</sup> 9	1 <sup>o</sup> 6	296 <sup>o</sup> 5
21	25 <sup>o</sup> 1	7 <sup>o</sup> 1	43 <sup>o</sup> 2	23	6 <sup>o</sup> 5	2 <sup>o</sup> 0	257 <sup>o</sup> 0
24	25 <sup>o</sup> 4	7 <sup>o</sup> 0	3 <sup>o</sup> 6	26	5 <sup>o</sup> 1	2 <sup>o</sup> 4	217 <sup>o</sup> 5
27	25 <sup>o</sup> 7	6 <sup>o</sup> 9	324 <sup>o</sup> 0	29	3 <sup>o</sup> 6	2 <sup>o</sup> 7	178 <sup>o</sup> 0
30	26 <sup>o</sup> 0	6 <sup>o</sup> 7	284 <sup>o</sup> 5	32	2 <sup>o</sup> 1	3 <sup>o</sup> 1	138 <sup>o</sup> 5

PRIKLON EKLIPTIKE

Datum	P	B <sub>0</sub>	L <sub>0</sub>
Jul. 1.	23	26	50 <sup>o</sup> 7
Aug. 1.			50 <sup>o</sup> 7
Sep. 1.			51 <sup>o</sup> 0
Okt. 1.			51 <sup>o</sup> 1
Nov. 1.			50 <sup>o</sup> 4
Dec. 1.			49 <sup>o</sup> 6

CARRINGTONOVE ROTACIJE SUNCA

Datum	d	Br.	L <sub>0</sub>
Jul. 31 <sup>o</sup> 8			1323
Aug. 23 <sup>o</sup> 0			1324
Sep. 24 <sup>o</sup> 3			1325
Okt. 21 <sup>o</sup> 6			1326
Nov. 17 <sup>o</sup> 9			1327
Dec. 15 <sup>o</sup> 2			1328

## POMRČINE SUNCA I MJESECA U 1952.

Tokom godine 1952. bit će četiri pomrčine:

1. 10—11. II. djelomična pomrčina Mjeseca, vidljiva kod nas.
2. 25. II. potpuna pomrčina Sunca, vidljiva kod nas kao djelomična.
3. 5. VIII. djelomična pomrčina Mjeseca, vidljiva kod nas.
4. 20. VIII. prstenasta pomrčina Sunca, nevidljiva kod nas.

### Podaci o pomrčinama:

1. Djelomična pomrčina Mjeseca 10—11. II. vidljiva je u Aziji, Indijskom oceanu, Europi, Africi, Arktiku, Atlantskom oceanu, Sjevernoj i Južnoj Americi.

	h	m	SEV
Mjesec ulazi u polusjenu . . . . .	10. feb.	23	6,2
Mjesec ulazi u sjenu . . . . .	11. ..	1	3,3
Sredina pomrčine . . . . .	11. ..	1	39,3
Mjesec izlazi iz sjene . . . . .	11. ..	2	15,3
Mjesec izlazi iz polusjene . . . . .	11. ..	4	12,4

Veličina pomrčine 0,088 (Promjer Mjeseca = 1,0).

Prvi dodir sjene i Mjeseca pri pozicionom kutu od 187°.

Zadnji dodir sjene i Mjeseca pri pozicionom kutu od 222°.

2. Potpuna pomrčina Sunca 25. II. vidljiva je u uskom pojasu, koji prolazi preko Libreville, Khartuma, Port Sudana, Basre, Khive i Semipalatska, dok će se u Africi, izuzevši krajnji južni dio, Europi u zapadnoj polovini Azije vidjeti kao djelomična pomrčina.

Donosimo podatke o vidljivosti pomrčine u nekim našim gradovima:

	Početak pomrčine (SEV)	Pozicioni kut	Sredina pomrčine (SEV)	Svršetak pomrčine (SEV)	Veličina pomrčine (Promjer Sunca = 1)
	h m	o	h m	h m	
Banja Luka	9 34	190	10 28	11 24	0,30
Beograd	36	193	34	33	0,35
Bitola	28	197	30	34	0,39
Dubrovnik	29	193	27	26	0,34
Karlovac	35	189	27	21	0,28
Ljubljana	35	188	26	18	0,26
Martibor	37	188	29	21	0,27
Niš	34	195	35	36	0,36
Novi Sad	37	192	33	31	0,34
Osijek	37	191	32	28	0,32
Pula	32	188	23	16	0,27
Rijeka	33	188	25	18	0,27
Sarajevo	33	192	30	28	0,33
Skopje	30	195	32	35	0,39
Split	30	191	26	23	0,31
Subotica	38	191	34	31	0,33
Šibenik	31	190	25	21	0,30
Titograd	30	194	29	29	0,36
Varaždin	37	189	29	23	0,28
Zagreb	35	189	28	22	0,28

3. Djelomična pomrčina Mjeseca 5. VIII. vidljiva je u Zapadnom Pacifiku, Australiji, Antarktiku, Aziji, Indijskom oceanu, Europi, Africi, Atlantskom oceanu i istočnom dijelu Južne Amerike.

	h	m	SEV
Mjesec ulazi u polusjenu . . . . .	5. aug.	18	26,6
Mjesec ulazi u sjenu . . . . .	5. ..	19	33,4
Sredina pomrčine . . . . .	5. ..	20	47,4
Mjesec izlazi iz sjene . . . . .	5. ..	22	1,4
Mjesec izlazi iz polusjene . . . . .	5. ..	23	8,2

Veličina pomrčine 0,538 (Promjer Mjeseca = 1,0).

Prvi dodir sjene i Mjeseca pri pozicionom kutu od 22°.

Zadnji dodir sjene i Mjeseca pri pozicionom kutu od 294°.

4. Prstenasta pomrčina Sunca 20. VIII. vidljiva je u Srednjoj i Južnoj Americi.

	h	m	SEV
Početak pomrčine . . . . .	20. aug.	13	22,0
Početak prstenaste pomrčine . . . . .	20. ..	14	39,1
Sredina prstenaste pomrčine . . . . .	20. ..	16	48,1
Svršetak prstenaste pomrčine . . . . .	20. ..	17	46,6
Svršetak pomrčine . . . . .	20. ..	19	3,9



POJAVE KOD ČETIRIJU VELIKIH JUPITEROVIIH SATELITA  
vidljive kod nas (SEV)

s. p. = svršetak pomrčine, p. p. = početak pomrčine, im = izerzija, početak okultacije, em = emerzija, svršetak okultacije

Datum	Čas	Satelit	Pojava	Datum	Čas	Satelit	Pojava	Datum	Čas	Satelit	Pojava	Datum	Čas	Satelit	Pojava
JANUAR				AUGUST				OKTOBAR				NOVEMBAR			
2	20 17	II	im	2	23 21	III	s. p.	1	20 00	I	em	22	0 27	I	im
	22 53	II	em	6	1 41	I	p. p.	2	19 44	II	em		2 53	I	s. p.
	23 04	II	p. p.	7	0 11	II	em	7	0 21	I	p. p.	23	18 51	I	im
4	20 30	I	im		23 43		em	8	3 19	I	em		21 27	I	s. p.
6	18 31	I	s. p.	10	1 14	III	p. p.	14	21 46	I	em	24	22 15	II	im
7	18 55	III	im	14	0 04	II	s. p.	9	22 01	II	em	25	1 26	II	s. p.
	21 43	III	em		0 27	II	im	14	2 16	I	p. p.	29	2 12	I	im
9	22 53	II	im		2 45	II	em	15	20 45	I	p. p.	30	4 51	I	s. p.
11	22 27	I	im	15	1 37	I	em		23 31	I	em		20 38	I	im
13	20 26	I	s. p.	21	0 14	I	p. p.	16	20 50	II	p. p.		23 23	I	s. p.
20	18 55	I	im		2 33	II	s. p.	17	0 17	II	em	DECEMBAR			
	20 17	II	s. p.		3 00	II	im	20	19 29	III	s. p.				
	22 22	I	s. p.		23 53	I	p. p.	21	19 36	III	im		21 11	III	em
27	20 51	I	im	23	21 59	I	em	21	4 11	I	p. p.		22 40	I	p. p.
29	18 46	I	s. p.	28	2 43	II	p. p.	22	22 40	I	p. p.	2	0 30	II	im
FEBRUAR				SEPTEMBAR				22	1 15	I	em	6	4 02	II	s. p.
3	20 38	II	im		22 15	I	p. p.	24	23 25	II	p. p.	7	19 37	III	s. p.
5	19 03	III	s. p.	6	1 41	I	s. p.	27	19 41	II	em	8	3 58	I	im
	20 41	I	s. p.	7	21 03	I	em	28	21 23	III	p. p.	7	22 24	I	im
	19 05	III	em		21 13	II	im	30	0 23	II	em	8	1 13	I	s. p.
	19 23	I	im		22 36	III	im	31	0 34	I	p. p.	9	2 47	II	im
	20 41	III	p. p.		23 28	II	em		2 59	I	em		18 29	III	im
	20 44	III	im		0 17	I	em		4 44	II	p. p.		19 47	I	s. p.
	20 12	II	s. p.	8	0 09	I	p. p.		19 03	I	p. p.		20 24	III	em
MART				14	3 31	I	em	NOVEMBAR					21 32	III	s. p.
6	19 57	I	im		21 14	II	p. p.		21 25	I	em	12	23 39	III	s. p.
JUNI					21 18	III	p. p.	4	1 24	III	p. p.	15	19 57	II	s. p.
					21 24	III	s. p.	6	3 44	III	em		0 11	I	im
					1 52	II	em	7	2 29	I	p. p.		3 13	I	s. p.
					2 18	III	im	6	4 42	I	em	16	18 37	I	s. p.
					21 58	I	em	7	4 35	II	p. p.		21 47	I	im
					2 04	I	p. p.		2 58	I	p. p.		21 55	III	em
					23 49	III	p. p.		23 08	I	em	17	1 33	III	p. p.
					1 18	III	p. p.		20 15	II	s. p.	19	3 41	II	s. p.
					3 25	III	s. p.		20 15	II	s. p.	22	18 16	II	im
					20 32	I	p. p.		4 18	I	im	23	22 34	II	s. p.
					23 46	I	em		22 43	I	im		1 25	III	im
					3 53	I	p. p.		1 03	I	im	26	20 39	II	im
					2 23	II	p. p.		19 32	I	s. p.	27	1 11	III	s. p.
					22 27	I	p. p.		20 01	II	im	30	22 15	I	im
					1 33	I	em		22 50	II	s. p.	31	1 33	I	s. p.
13	0 29	II	s. p.												
	0 35	II	im												
	1 30	I	p. p.												
	0 38	I	s. p.												
	1 23	I	em												
	0 44	III	em												
	23 47	I	p. p.												

POLOŽAJI ČETIRIJU JUPITEROVIIH SATELITA 1952.  
kako se vide astronomskim dalekozorom (SEV)

Datum	Januar 20h 15m	Februar 20h 00m	Mart 19h 45m	Maj 4m 30h	Juni 4h 00m	
	W	E	W	E	W	E
1	42 0 13		41 0 32		23 0 14	
2	412 0 3		432 0 1		321 0 4	
3	4 0 132		4312 0		3 0 124	
4	4321 0		43 0 12		31 0 24	
5	3421 0		42 0 3		24 0 13	
6	3 0 412		421 0 3		421 0 3	
7	1 0 24		4 0 123		41 0 23	
8	2 0 134		14 0 32		42 0 31	
9	12 0 34		32 0 41		4321 0	
10	0 1324		312 0 4		43 0 21	
11	31 (2) 4		3 0 124		431 0 2	
12	32 (1) 4		(2) 34		42 0 31	
13	3 0 24		21 0 34		214 0 3	
14	13 0 42		0 2134		(1) 423	
15	24 0 13		1 0 324		(2) 134	
16	412 0 3		23 0 14		321 0 4	
17	4 0 123		3124 0		3 0 214	
18	413 0 2		34 0 12		31 0 24	
19	432 0 1		421 0 3		2 0 314	
20	43 0		42 (1) 3		21 0 34	
21	431 0 2		4 0 13		0 1423	
22	42 0 13		41 0 32		4 0 23	
23	21 0 43		433 0 1		4231 0	
24	0 1234		3421 0		43 0 1	
25	13 0 24		34 0 12		431 0 2	
26	32 0 14		13 0 24		42 0 1	
27	31 0 4		2 0 134		421 0 3	
28	3 (1) 24		0 34		4 0 123	
29	2 0 134		1 0 234		41 0 23	
30	21 0 43				234 (1)	
31	0 4123				4231 0	
					42 0 13	

Jupiter preblizu Suncu  
od 31. III. do 26. V.

Napomena: Kad je satelit zasrt pločom planeta (okultacija) ili pomračon sjenom planeta, njegove brojke uopće nema; ako prolazi pred planetom, pa se projicira na ploču planeta, brojka mu je u zagradi naznačena.

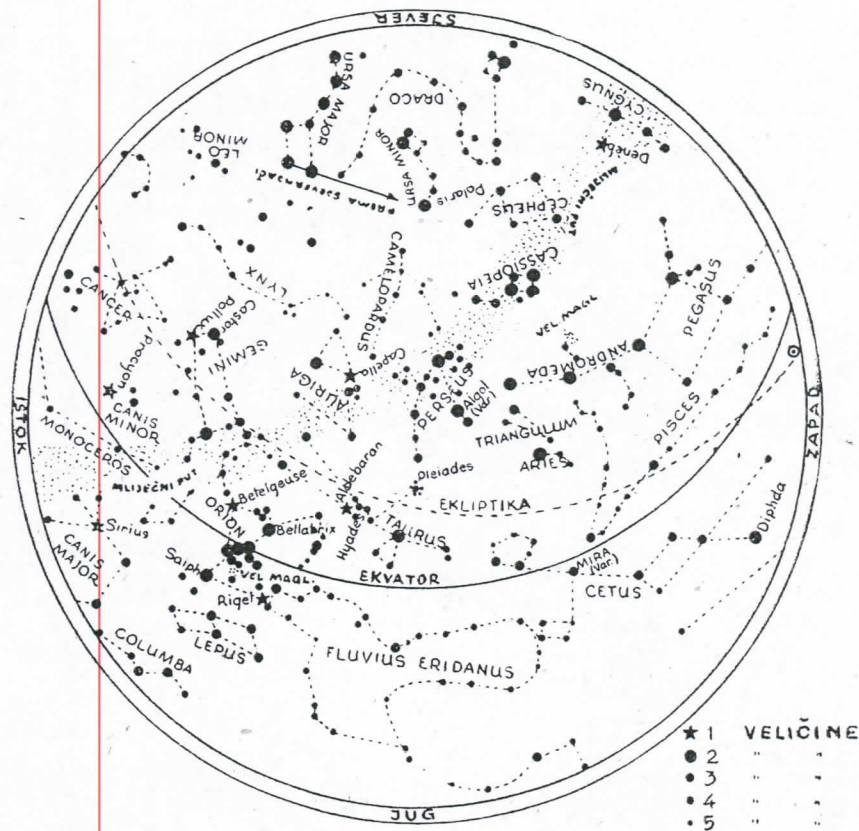


# POLOŽAJI ČETIRIJU JUPITEROVIH SATELITA 1952.

kako se vide astronomskim dalekozorom (SEV)

Datum	Juli 3h 15m		August 2h 45m		Septembar 2h 00m		Oktobar 1h 30m		Novembar 23h 59m		Decembar 22h 45m	
	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E
1	21	○ 43	3	○ 124	1	○ 324	412	○ 3	4312	○	4312	○
2	423	○ 1	321	○ 4		○ 1234	2	○ 413	342	○ 1	4	○ 312
3	341	○ 2	23	○ 14	21	○ 34	13	○ 24	134	○ 2	412	○ 3
4	43	(2) 1	1	○ 423	2	○ 314	3	○ 124		○ 1243	42	○ 13
5	4231	○	4	○ 213	31	○ 24	321	○ 4	21	○ 34	41	○ 32
6	4	○ 123	42	○ 3	3	○ 214	32	○ 14	2 (1)	34	34	○ 12
7	4	○ 123	431	○ 2	324	○ 1		○ 324	3	○ 124	32	○ 4
8	421	○ 3	43	○ 12	41	○ 32	1 (2)	34	31 (2)	4	321	○ 4
9	423	○ 1	4321	○	4	○ 123	2	○ 143	32	○ 14		○ 124
10	314	○ 2	42	○ 1	412	○ 3	1	○ 432	13	○ 24	1 (2)	34
11	3	○ 214	41	○ 23	42	○ 13	34	○ 12		○ 4123	2	○ 134
12	231	○ 4	4	○ 213	431	○ 2	4321	○	421	○ 3	1	○ 234
13		○ 2134	21	○ 43	43	○ 12	432	○ 1	42	○ 13	3	○ 124
14		○ 234	3 (1)	4	342	○	41	○ 32	43	○ 2	321	○ 4
15	21	○ 34	3	○ 124	134	○ 2	4 (1)	23	431	○ 2	342	(1)
16	2	○ 314	321	○ 4		○ 1243	42	○ 13	432	○ 1	4	○ 12
17	31	○ 24	23	○ 14	12	○ 34	41	○ 23	413	○ 2	41	○ 23
18	3	○ 241	1	○ 234	2	○ 134	34	○ 12	4	○ 132	42	○ 13
19	2341	○		○ 2134	13	○ 24	312	○ 4	421	○ 3	41	○ 23
20	42	○ 13	21	○ 43	3	○ 124	32	○ 14	2	○ 143	43	○ 12
21	41	○ 23	234	○ 1	321	○ 4	1	○ 324	13	○ 24	4321	○
22	42 (1)	3	34	○ 2		(1) 4		○ 1234	31	○ 24	342	○ 1
23	42	○ 13	4312	○		○ 1423	2	○ 134	32	○ 14	3	○ 42
24	431	○ 2	423	○ 1	412	○ 3	1	○ 34	31	○ 4	1	○ 234
25	43	○ 12	41	○ 32	42	○ 13	3	○ 124		○ 1324	2	○ 134
26	3241	○	4	○ 213	413	○ 2	312	○ 4	12	○ 34	1	○ 34
27		○ 431	421	○ 3	43	○ 12	324	○ 1	2	○ 143	3	○ 124
28	1	○ 243	42	○ 31	4321	○	41	○ 32	14	○ 32	312	○ 4
29	2	○ 134	34	○ 2	432	○ 1	4	○ 123	34 (1)	2	32	○ 14
30	2	○ 34	321	○ 4	4	○ 132	42	○ 3	432	○ 1	3	○ 24
31	31	○ 24	23	○ 14			412	○ 3			1	○ 423

Napomena: Kad je satelit zastit pločom planeta (okultacija) ili pomračen sjenom planeta, njegove brojke uopće nema; ako prolazi pred planetom, pa se projicira na ploču planeta, brojka mu je u zagradi naznačena.

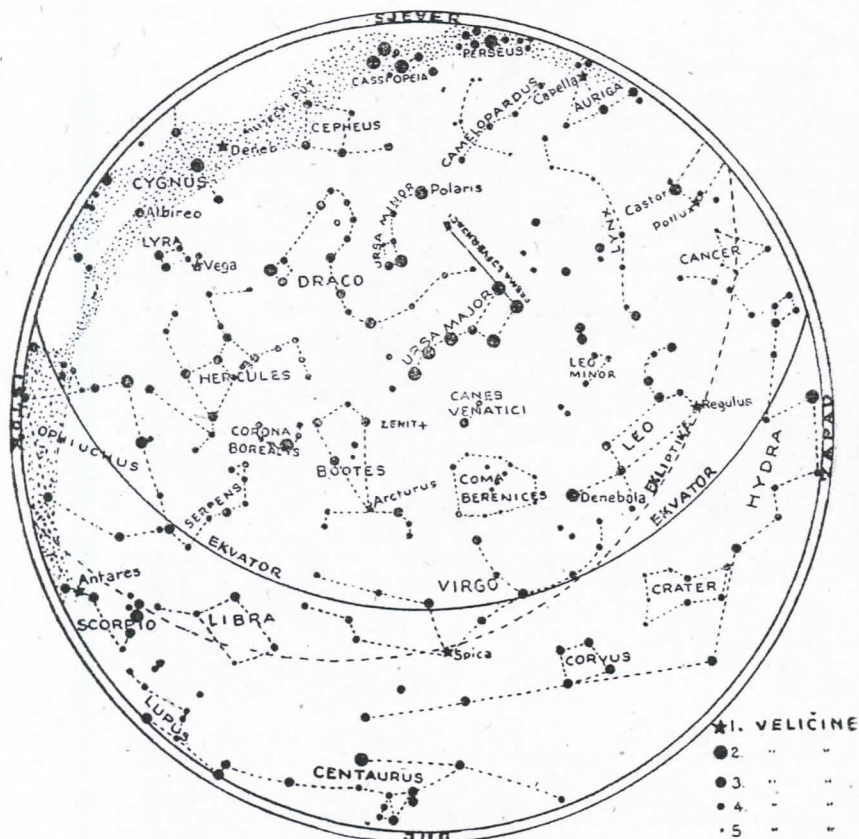


## POJAVE U SIJEČNJU (SEV)

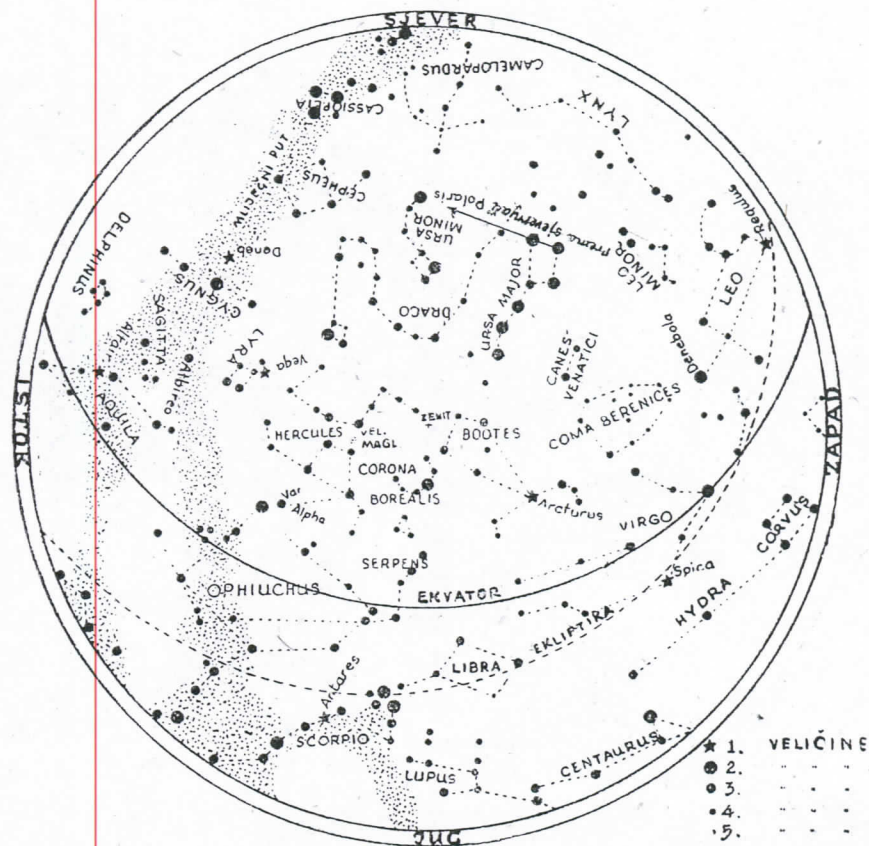
d	h	m	POJAVE
2	18	—	Konjunkcija Marsa i Neptuna
3	10	—	Uran u opoziciji sa Suncem
3	21	15	Jupiter u konjunkciji sa Mjesecom
4	22	—	Zemlja u perihelu
6	9	—	Merkur u maksimalnoj elongaciji (23°02' W)
11	10	23	Uran u konjunkciji sa Mjesecom
19	9	48	Saturn u konjunkciji sa Mjesecom
19	21	51	Neptun u konjunkciji sa Mjesecom
20	13	29	Mars u konjunkciji sa Mjesecom
24	8	—	Neptun stacioniran u rektascenziji
24	8	24	Venera u konjunkciji sa Mjesecom
25	17	23	Merkur u konjunkciji sa Mjesecom
25	21	—	Saturn stacioniran u rektascenziji
28	22	—	Merkur u afelu
31	12	54	Jupiter u konjunkciji sa Mjesecom



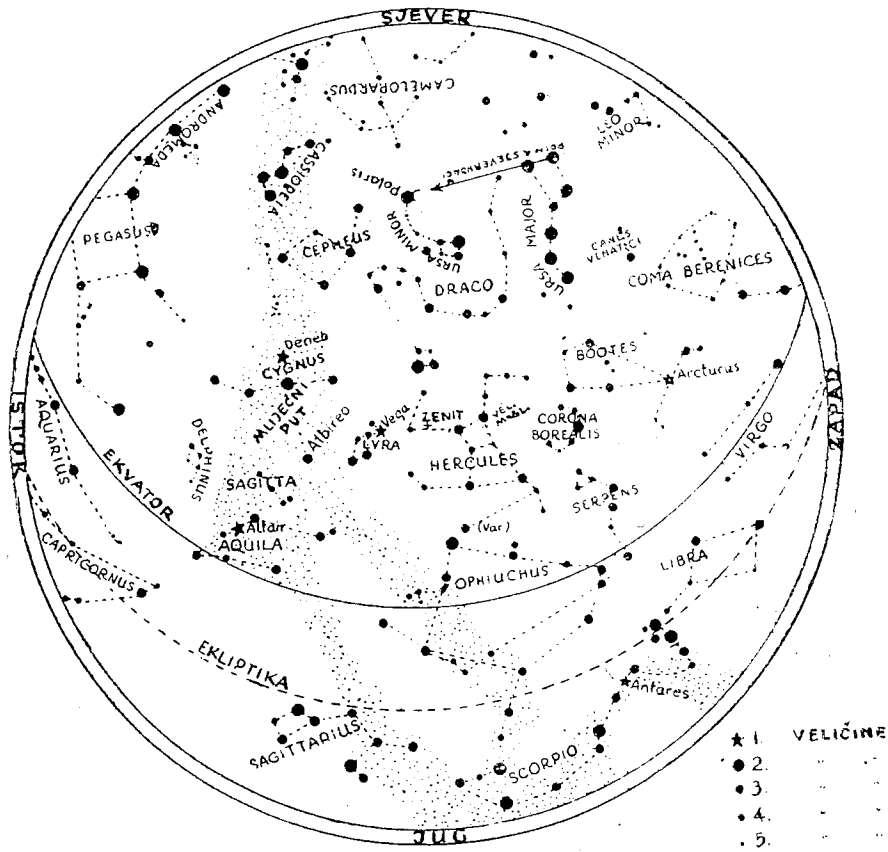




d	h	m	POJAVE U LIPNJU (SEV)
3	10	14	Saturn u konjunktiji sa Mjesecom
4	5	59	Neptun u konjunktiji sa Mjesecom
4	17	—	Konjunktija Merkura i Venere
5	2	22	Mars u konjunktiji sa Mjesecom
8	21	—	Merkur u perihelu
9	3	—	Merkur u gornjoj konjunktiji sa Suncem
11	1	—	Mars stacioniran u rektascenziji
11	16	—	Saturn stacioniran u rektascenziji
18	14	46	Jupiter u konjunktiji sa Mjesecom
20	23	—	Konjunktija Merkura i Urana
21	12	13	Početak ljeta
22	8	12	Venera u konjunktiji sa Mjesecom
23	10	06	Uran u konjunktiji sa Mjesecom
23	20	50	Merkur u konjunktiji sa Mjesecom
24	22	—	Venera u gornjoj konjunktiji sa Suncem
30	19	12	Saturn u konjunktiji sa Mjesecom
30	23	—	Neptun stacioniran u rektascenziji



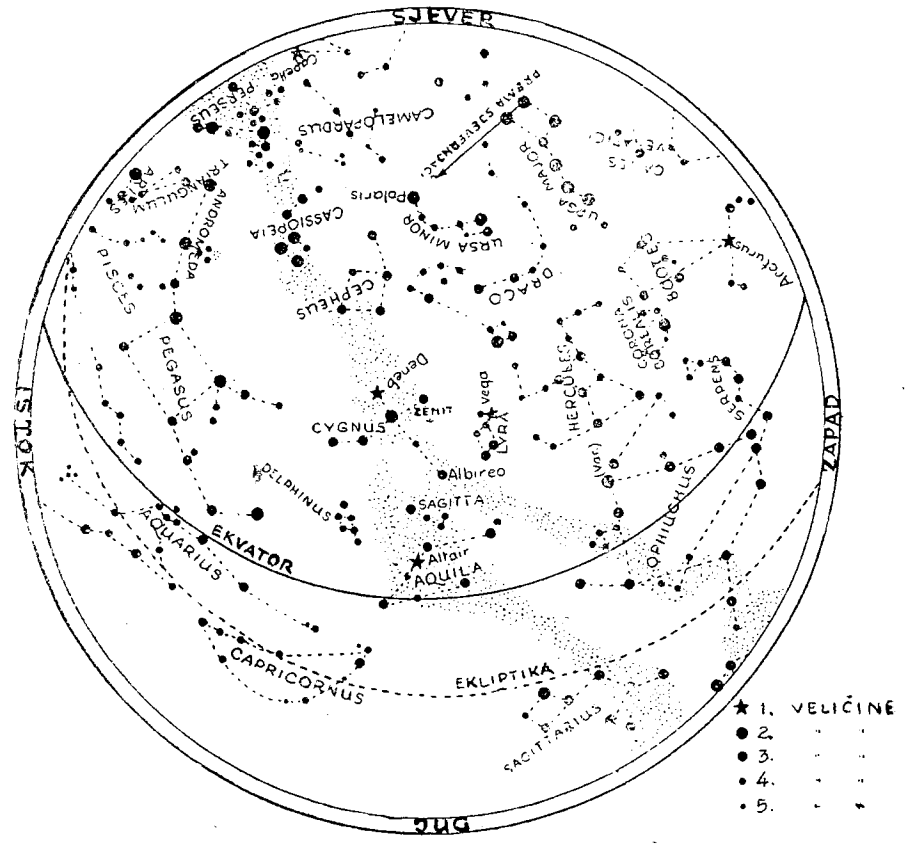
d	h	m	POJAVE U SRPNJU (SEV)
1	14	31	Neptun u konjunktiji sa Mjesecom
2	16	32	Mars u konjunktiji sa Mjesecom
3	3	—	Zemlja u afelu
3	16	—	Konjunktija Venere i Urana
6	10	—	Uran u konjunktiji sa Suncem
15	22	—	Merkur u maksimalnoj elongaciji (26°40'E)
16	5	19	Jupiter u konjunktiji sa Mjesecom
18	6	—	Venera u perihelu
20	19	33	Uran u konjunktiji sa Mjesecom
22	17	26	Venera u konjunktiji sa Mjesecom
22	20	—	Merkur u afelu
24	5	28	Merkur u konjunktiji sa Mjesecom
28	5	03	Saturn u konjunktiji sa Mjesecom
28	22	18	Neptun u konjunktiji sa Mjesecom
29	0	—	Merkur stacioniran u rektascenziji
30	19	32	Mars u konjunktiji sa Mjesecom



POJAVE U KOLOVOZU  
(SEV)

d	h	m	Event
4	19	—	Merkur u konjunktiji sa Venерom
5	—	—	Djelomična pomrčina Mjeseca
12	17	44	Jupiter u konjunktiji sa Mjesecom
12	19	—	Merkur u donjoj konjunktiji sa Suncem
14	2	—	Pluton u konjunktiji sa Suncem
17	4	29	Uran u konjunktiji sa Mjesecom
19	13	25	Merkur u konjunktiji sa Mjesecom
20	—	—	Prstenasta pomrčina Sunca
22	1	—	Merkur stacioniran u rektascenziji
22	6	58	Venera u konjunktiji sa Mjesecom
24	15	38	Saturn u konjunktiji sa Mjesecom
25	5	21	Neptun u konjunktiji sa Mjesecom
28	5	35	Mars u konjunktiji sa Mjesecom
30	5	—	Merkur u maksimalnoj elongaciji (18°11'W)

- ★ 1. VELIČINE  
● 2. — — —  
● 3. — — —  
● 4. — — —  
● 5. — — —

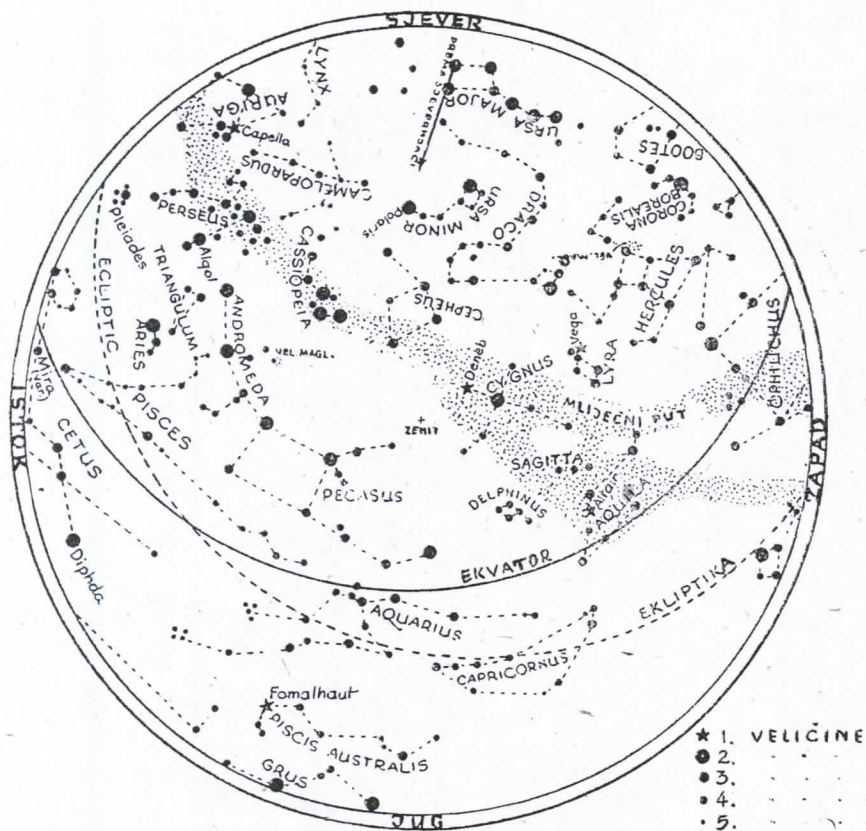


POJAVE U RUJNU  
(SEV)

d	h	m	Event
4	20	—	Merkur u perihelu
9	3	51	Jupiter u konjunktiji sa Mjesecom
10	2	—	Jupiter stacioniran u rektascenziji
13	13	13	Uran u konjunktiji sa Mjesecom
16	0	—	Konjunktija Venere i Saturna
19	2	15	Merkur u konjunktiji sa Mjesecom
20	10	—	Konjunktija Venere i Neptuna
21	3	15	Saturn u konjunktiji sa Mjesecom
21	12	34	Neptun u konjunktiji sa Mjesecom
21	15	18	Venera u konjunktiji sa Mjesecom
23	3	24	Početak jeseni.
24	15	—	Merkur u gornjoj konjunktiji sa Suncem
25	19	22	Mars u konjunktiji sa Mjesecom

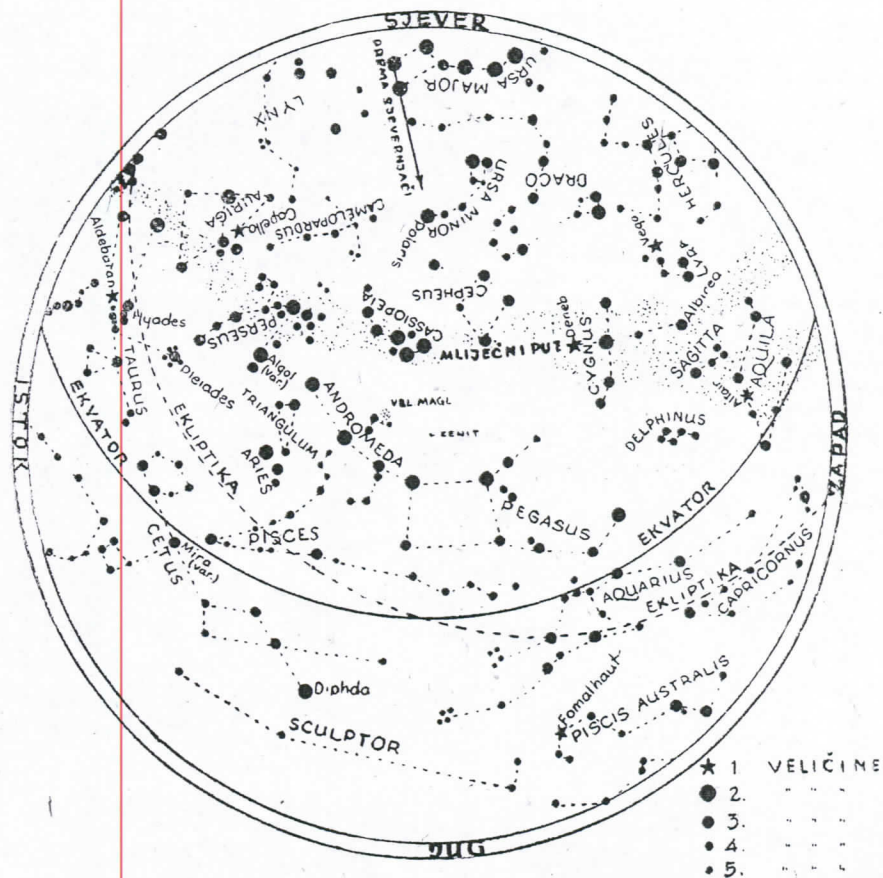
- ★ 1. VELIČINE  
● 2. — — —  
● 3. — — —  
● 4. — — —  
● 5. — — —





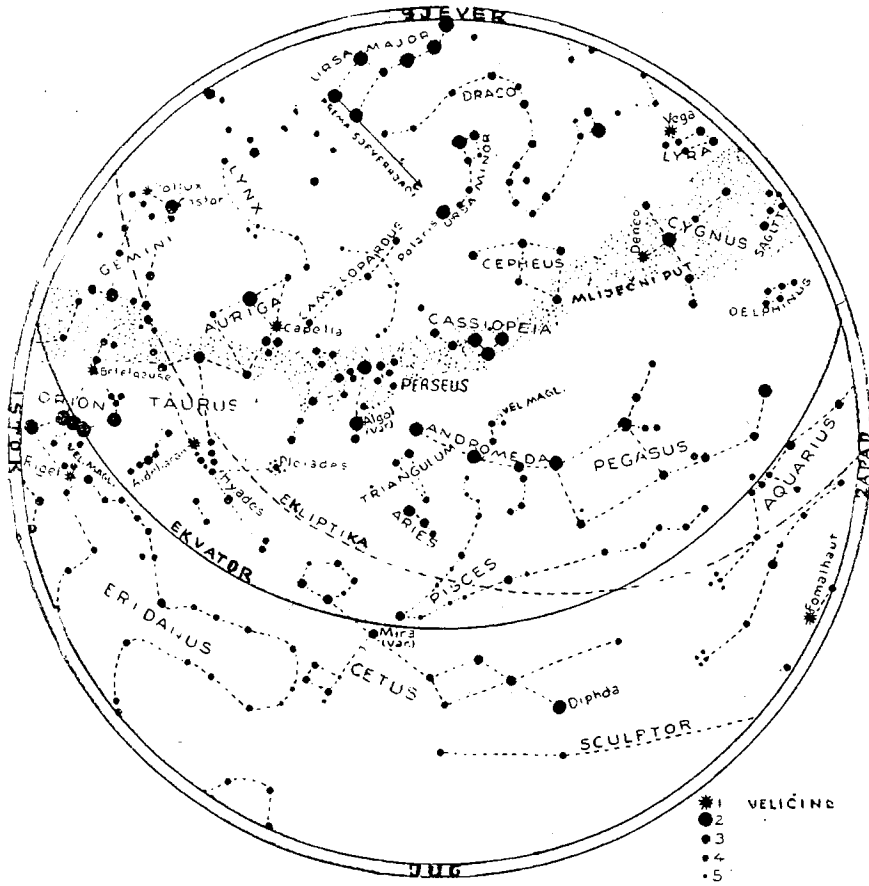
POJAVE U LISTOPADU  
(SEV)

d	h	m	
4	1	—	Konjunkcija Merkura i Saturna
6	10	—	Konjunkcija Merkura i Neptuna
6	11	18	Jupiter u konjunkciji sa Mjesecom
10	21	57	Uran u konjunkciji sa Mjesecom
11	9	—	Saturn u konjunkciji sa Suncem
14	22	—	Neptun u konjunkciji sa Suncem
18	16	20	Saturn u konjunkciji sa Mjesecom
18	20	—	Merkur u afelu
18	21	02	Neptun u konjunkciji sa Mjesecom
20	11	21	Merkur u konjunkciji sa Mjesecom
21	15	31	Venera u konjunkciji sa Mjesecom
24	11	44	Mars u konjunkciji sa Mjesecom
24	18	—	Uran stacioniran u rektascenziji



POJAVE U STUDENOM  
(SEV)

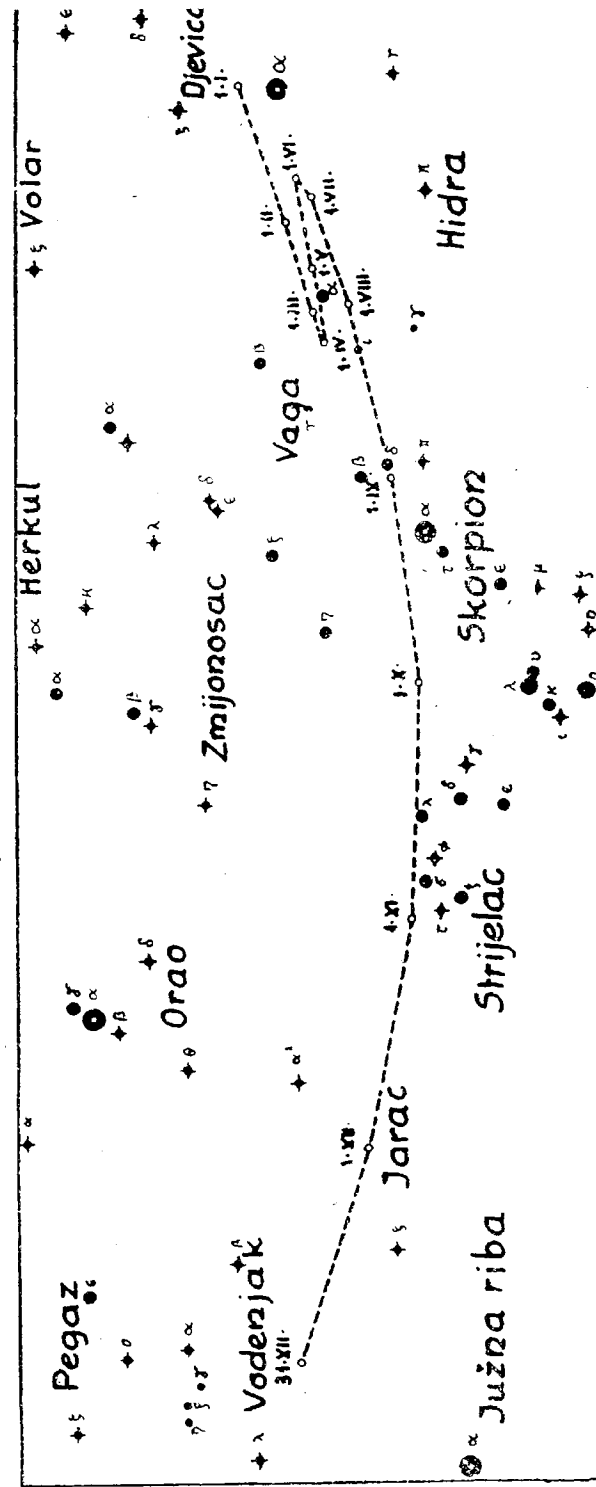
d	h	m	
2	15	54	Jupiter u konjunkciji sa Mjesecom
7	6	24	Uran u konjunkciji sa Mjesecom
7	14	—	Venera u Afelu
8	10	—	Jupiter u opoziciji sa Suncem
10	4	—	Merkur u maksimalnoj elongaciji (22°59'E)
15	6	44	Saturn u konjunkciji sa Mjesecom
15	7	09	Neptun u konjunkciji sa Mjesecom
16	16	—	Mars u perihelu
18	3	—	Konjunkcija Saturna i Neptuna
19	3	39	Merkur u konjunkciji sa Mjesecom
20	11	—	Merkur stacioniran u rektascenziji
20	12	11	Venera u konjunkciji sa Mjesecom
22	6	28	Mars u konjunkciji sa Mjesecom
29	18	28	Jupiter u konjunkciji sa Mjesecom
30	12	—	Merkur u donjoj konjunkciji sa Suncem



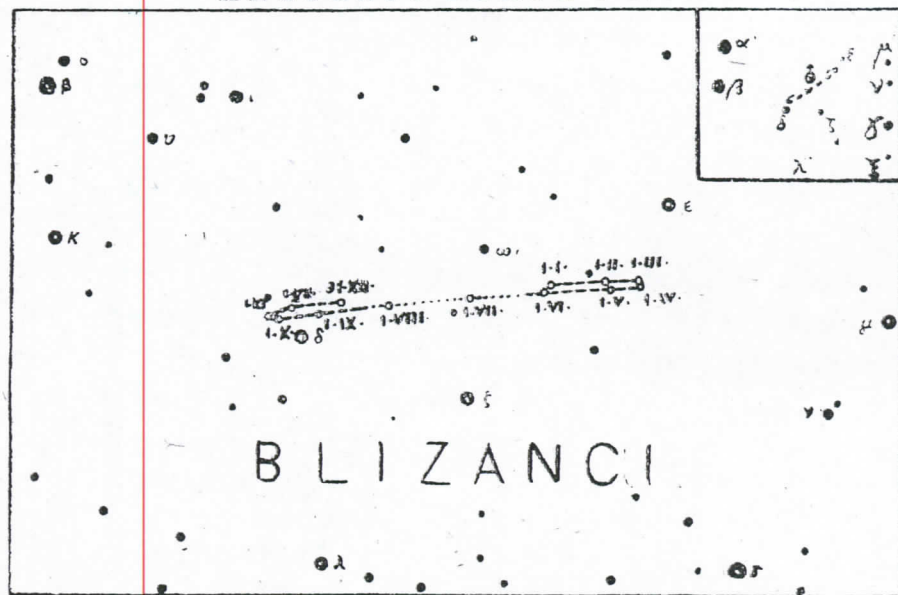
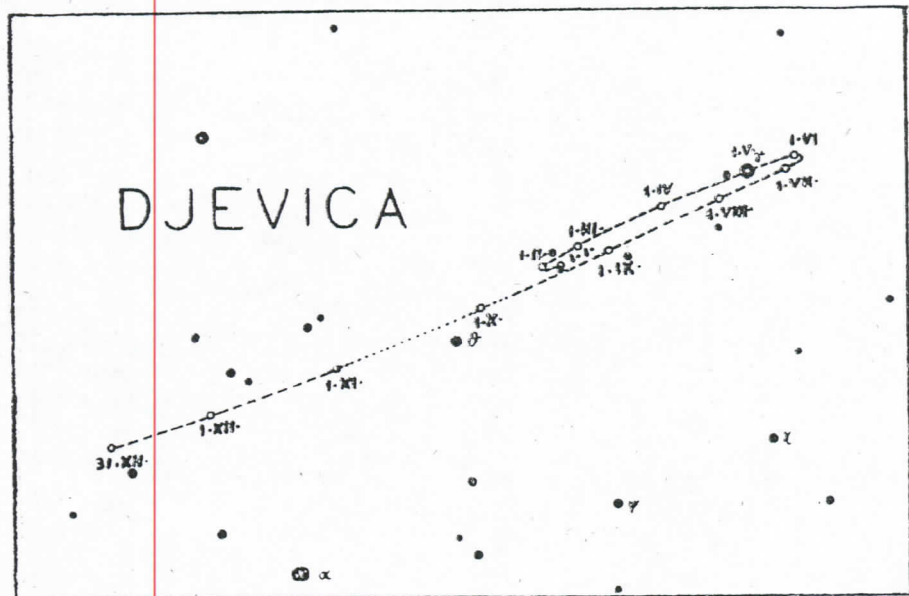
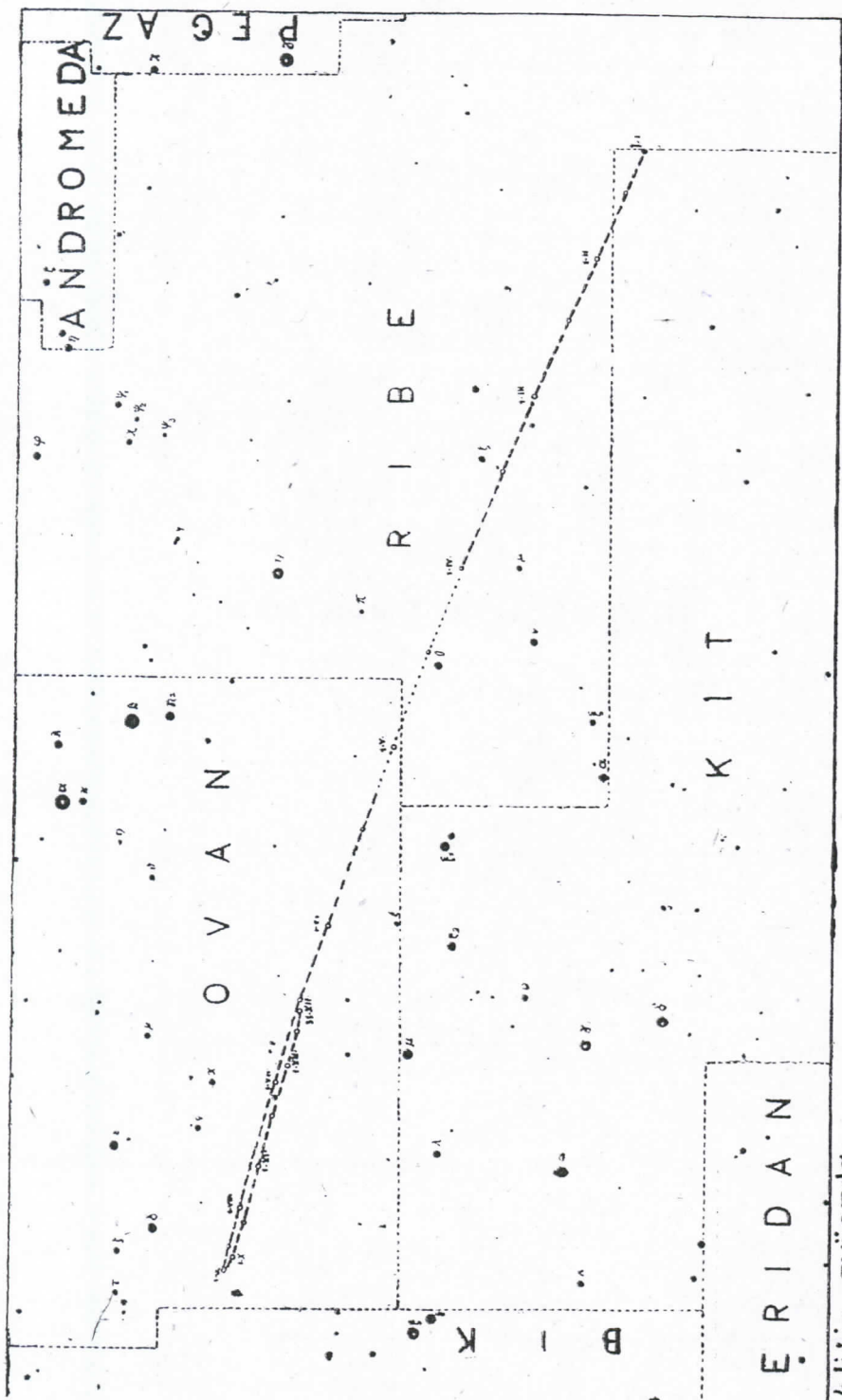
POJAVE U PROSINCU  
(SEV)

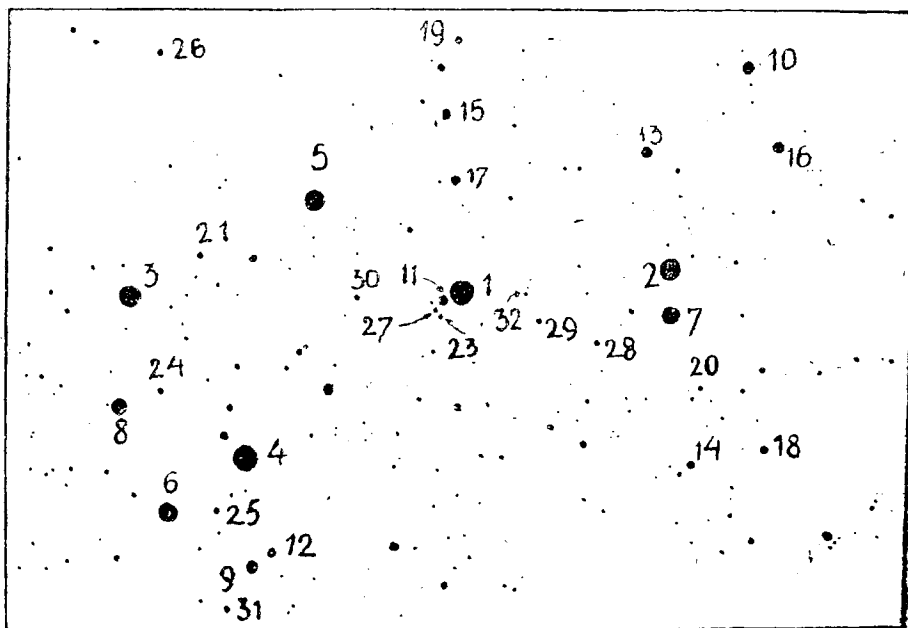
d	h	m	
1	19	—	Merkur u perihelu
4	13	54	Uran u konjunkciji sa Mjesecom
10	2	—	Merkur stacioniran u rektascenziji
12	18	01	Neptun u konjunkciji sa Mjesecom
12	21	17	Saturn u konjunkciji sa Mjesecom
15	14	53	Merkur u konjunkciji sa Mjesecom
18	23	—	Merkur u maksimalnoj elongaciji (21°37'W)
20	8	38	Venera u konjunkciji sa Mjesecom
21	3	21	Mars u konjunkciji sa Mjesecom
21	22	44	Početak zime
26	21	17	Jupiter u konjunkciji sa Mjesecom
31	19	47	Uran u konjunkciji sa Mjesecom

KRETANJE MARS U 1952.



Veličine zvijezda: ● dots • 2.0 • 2.5 • 3.5 • 4.0





Crtež prikazuje zvjezdano jato Pleiade-Vlašiće, kako se vide u astronomskom dalekozoru. Za vježbu u procjenjivanju prividnog sjaja navedene su prividne veličine zvijezda označenih na karti brojevima prema najnovijem određivanju E. Hertzsprung-a.

Red. br.	priv. vel.	Red. br.	priv. vel.	Red. br.	priv. vel.	Red. br.	priv. vel.
1	2.84	9	5.75	17	7.22	25	8.58
2	3.58	10	6.14	18	7.56	26	8.90
3	3.64	11	6.20	19	7.73	27	8.62
4	3.85	12	6.39	20	7.94	28	9.00
5	4.17	13	6.46	21	8.00	29	9.19
6	4.23	14	6.55	22	8.10	30	9.25
7	5.17	15	6.95	23	8.25	31	9.67
8	5.44	16	6.73	24	8.51	32	9.98

Najsajnije zvijezde nose ova imena:

Red. br.	Naziv	Red. br.	Naziv
1	Alcyone	6	Taygete
2	Atlas	7	Pleione
3	Electra	8	Celaeno
4	Maia	9	Asterope
5	Merope		

### III. TUMAČ EFEMERIDAMA



## GLAVNI POJMOVI SFERNE ASTRONOMIJE

**Nebeska kugla (sfera).** Da se jednoznačno i jednostavno odrede položaji svemirskih tijela na nebu, kako ih sa Zemlje vidimo, pomišljamo u svemiru kuglu, koncentričnu s kuglom zemaljskom, po volji velikoga polumjera, no bar tako velikoga, da se gledana s površine te kugle ne samo Zemlja praktički stegne na točku (tako da pravci povučeni iz različitih točaka površine zemaljske k istoj točki neba praktički padaju u isti smjer) nego da se i Sunce i staza Zemlje oko Sunca kao i staze svih drugih planeta stegnu na točku (tako da i pravci povučeni iz različitih točaka u Sunčevu sustavu k istoj točki neba praktički padaju u isti smjer). Ta se kugla zove *nebeska kugla (sfera)*. Pravci, koji spajaju oko opažača s nebeskim tijelima pokazujući smjer njihov, sijeku nebesku kuglu u točkama, koje su *prividna mjesta* tih tijela na nebu. Da se ustanovi smjer, u kome vidimo nebeska tijela, i opiše *prividno gibanje* njihov, t. j. promjena smjera u tijeku vremena, definiraju se na kugli nebeskoj izvjesne točke, krugovi i lukovi (kutovi), koje nam nameću sami pojavi nebeski, slično kako se i na Zemlji definiraju zemaljski meridijani, ekvator i širinski krugovi, da posluže kao zemaljski koordinatni sustav, u kome je položaj izvjesnoga mjesta na Zemlji određen jednoznačno svojim geografskim koordinatama: širinom i duljinom. Dolazimo tako do nebeskih koordinatnih sustava i nebeskih koordinata, koje nam daju nužnu podlogu za proučavanje prividnih pojava na nebu.

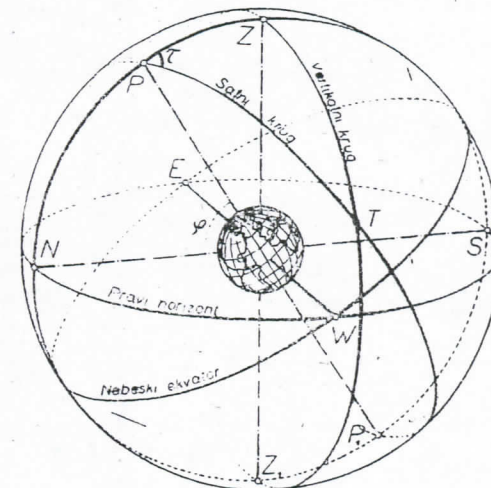
**Horizontski koordinatni sustav.** Polazi se od smjera *vertikale* u mjestu opažanja ( $ZZ_1$ , sl. 1), t. j. od smjera sile teže, što ga pokazuje nit, o kojoj slobodno i u miru visi teško tijelo. Vertikala siječe nebesku kuglu u dvije točke u jednoj vidljivoj, iznad glave opažača, u *zenitu* ( $Z$ ), i u drugoj nevidljivoj, na protivnoj strani nebeske kugle, u *nadiru* ( $Z_1$ ). *Horizont* u mjestu opažanja je najveći krug na nebeskoj kugli, kojega ravnina (ravnina horizonta) stoji okomito na spojnici zenita i nadira. Od ravnine toga horizonta, koji se zove i *pravi* ili *geocentrični* horizont, jer prolazi središtem Zemlje, razlikuje se ravnina *prividnoga* horizonta u mjestu opažanja, koja prolazi dotičnim mjestom a paralelna je s ravninom pravoga horizonta.

*Svjetska os* ( $PP_1$ ), t. j. pravac, oko kojega se Zemlja u 24 sata jednom okrene izvodeći time pojave dnevnoga gibanja neba, siječe Zemlju u sjevernom i južnom geografskom polu, a nebesku kuglu u *sjevernom* ( $P$ ) i *južnom* ( $P_1$ ) *nebeskom polu*, od kojih je prva točka za nas na sjevernoj zemaljskoj polukugli vidljiva, a druga na suprotnoj strani nebeske kugle nevidljiva. U svakom je mjestu svjetska os nagnuta spram ravnine horizonta pod kutom, koji se zove *visina pola* u tome mjestu, a koji je *jednak geografskoj širini* ( $\varphi$ ) dotičnoga mjesta. Pod istim je kutom  $\varphi$  nagnuta vertikala u tom mjestu spram ravnine ekvatora.

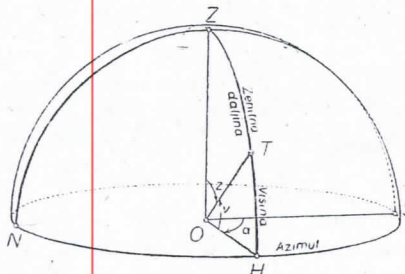
*Meridijan* u mjestu opažanja je najveći krug ( $ZSZ_1NZ$ ) na nebeskoj kugli, koji prolazi sjevernim nebeskim polom i zenitom u tom mjestu (dakle i južnim nebeskim polom i nadirum).

*Vertikalni krug* nebeskoga tijela je najveći krug na nebeskoj kugli, koji prolazi tim tijelom te zenitom i nadirum, pa stoji potom okomito na horizontu. I *meridijan* je vertikalni krug, koji prolazi još i nebeskim polovima. Među vertikalnim krugovima ističe se *prvi vertikal*, t. j. vertikalni krug okomit na meridijanu.

Meridijan siječe horizont u dvije točke: U *sjevernoj* ( $N$ ) i *južnoj* ( $S$ ) *točki horizonta*, a prvi ga vertikal siječe u dvije točke: *istočnoj* ( $E$ ) i *zapadnoj* ( $W$ ) *točki horizonta*. Te četiri točke jesu *kardinalne točke horizonta*. Položaj nebeskoga tijela  $T$  (sl. 2.) u izvjesnom času određen je u ovom sustavu dvjema *horizontskim koordinatama*: visinom i azimutom. Visina ( $v$ ) nebeskoga tijela je kut (TOH) smjera njegova s ravninom horizonta u mjestu opažanja. Broji se u ravnini vertikalnoga kruga tijela  $T$  od horizonta do zenita od  $0^\circ$  do  $+90^\circ$  i od horizonta do nadira od  $0^\circ$  do  $-90^\circ$ . Često se mjesto visine upotrebljava *zenitna daljina* ( $z$ ), koja je komplement visine, t. j.  $z = 90^\circ - v$ . Broji se u ravnini istoga vertikalnoga kruga od zenita prema nadiru od  $0^\circ$  do  $180^\circ$ .



Sl. 1.



Sl. 2.

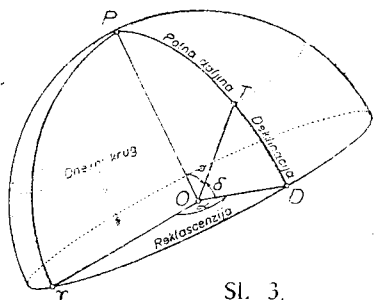
*Azimut* ( $a$ ) nebeskoga tijela je kut (SOH) ravnine meridijana u mjestu opažanja i vertikalnoga kruga tijela  $T$ . Broji se na horizontu počevši od  $S$  preko  $W$ ,  $N$ ,  $E$  od  $0^\circ$  do  $360^\circ$ . Horizontske koordinate nebeskoga tijela mijenjaju se s mjestom opažanja, a u istom mjestu neprekidno ih mijenja dnevna vrtnja nebeske kugle.

**Ekvatorski koordinatni sustavi.** Što su u prvom sustavu bili smjer vertikale i horizont, to

bili smjer vertikale i horizont, to su ovdje svjetska os i *nebeski ekvator*, t. j. najveći krug na nebeskoj kugli, kome ravnina stoji okomito na svjetskoj osi; to je ujedno i presjek

zemaljskoga ekvatora s nebeskom kuglom. Vertikalnom krugu odgovara ovdje *satni krug* nebeskoga tijela (krug deklinacije), koji je najveći krug na nebeskoj kugli, što prolazi tim tijelom i nebeskim polovima te stoji okomito na nebeskom ekvatoru (sl. 1. i 3.).

Položaj nebeskoga tijela određuju *ekvatorske koordinate* na dva načina: ili s pomoću *satnoga kuta* i deklinacije ili s pomoću *rektascenzije* i deklinacije.



Sl. 3.

**Prvi sustav. Satni kut ( $\tau$ )** (sl. 1. i 3.) nebeskoga tijela T je kut ravnine satnoga kruga tijela i ravnine meridijana u mjestu opažanja. Broji se počevši od meridijana, i to od one pole njegove, koja, omeđena sjevernim i južnim nebeskim polom, sadržava zenit, u smislu dnevne vrtnje neba od  $0^\circ$  do  $360^\circ$ , ili počevši od meridijana preko W do N od  $0^\circ$  do  $+180^\circ$ , i od meridijana preko E do N od  $0^\circ$  do  $-180^\circ$ . — Obično

se mjesto u  $^\circ \prime \prime$  daje satni kut u h m s radii sveze njegove s mjerenjem vremena. Pri tome je  $360^\circ$  ekvivalentno s  $24^h$ , dakle  $1^h = 15^\circ$ ,  $1^m = 15'$ ,  $1^s = 15''$ , a  $1^\circ = 4^m$ ,  $1' = 4^s$ ,  $1'' = 0^s0666$ . — Na pr.  $128^\circ 16' 35.00'' = 8^h 33^m 6^s333$ .

**Deklinacija ( $\delta$ )** (sl. 3.) nebeskoga tijela T je kut smjera njegova s ravninom nebeskoga ekvatora. Broji se u ravnini satnoga kruga njegova počevši od ekvatora do sjevernoga nebeskoga pola od  $0^\circ$  do  $+90^\circ$  (sjeverna nebeska polukugla) i od ekvatora do južnoga pola od  $0^\circ$  do  $-90^\circ$  (južna nebeska polukugla). — Mjesto deklinacije upotrebljava se i *daljina nebeskoga tijela od sjevernoga pola (polna daljina)*  $p = 90^\circ - \delta$ . Broji se u ravnini istoga satnog kruga od sjevernoga pola prema južnome od  $0^\circ$  do  $180^\circ$ .

**Drugi sustav. Rektascenzija ( $\alpha$  ili AR)** (sl. 3.) neke točke T na kugli nebeskoj je kut ravnine satnoga kruga te točke i ravnine satnoga kruga, koji prolazi jednom osobitom točkom nebeskoga ekvatora, t. zv. *proljetnom točkom* ( $\gamma$ ), u kojoj se središte Sunca nađe u času, kad se astronomski počinje proljeće. Rektascenzija se broji na nebeskom ekvatoru počevši od proljetne točke u smislu godišnjega prividnog gibanja Sunca, t. j. u smislu protivnom dnevnoj vrtnji neba od  $0^h$  do  $24^h$  (trijetko od  $0^\circ$  do  $360^\circ$ ).

**Deklinacija ( $\delta$ )** isto kao gore. Na rektascenzije, kao ni na deklinacije, ne utječe dnevna vrtnja neba.

**Dnevno gibanje nebeske kugle.** Dnevna vrtnja Zemlje oko svoje osi u smislu zapad—istok izvodi prividnu dnevnu vrtnju kugle nebeske kao cjeline oko svjetske osi u smislu istok—zapad. Svaka točka na nebeskoj kugli, koja nema vlastitoga gibanja (bar ne zamjetljivoga), opisuje pri tome gibanju krug, paralelan s nebeskim ekvatorom, koji se zove *dnevni krug* (sl. 3.), i koji siječe horizont u dvije točke; u jednoj od tih

točaka izlazi nad horizont kod dnevnoga gibanja, a u drugoj se spušta pod horizont. Najveću visinu dosegne točka u svakom mjestu u času, kad prolazi meridijanom toga mjesta, i to onom polovinom njegovom, koja spaja sjeverni nebeski pol s južnim preko zenita (PZSP<sub>1</sub>, sl. 1.). Nalazi se tada u *gornjoj kulminaciji*; satni joj je kut  $\tau = 0^h$ . Najmanju visinu dosegne, kad se nađe u drugoj poli meridijana (PNZ<sub>1</sub>P<sub>1</sub>), kad je u *donjoj kulminaciji*; tada joj je satni kut  $\tau = 12^h$ . Nebeska tijela s vlastitim gibanjem (na pr. Sunce, Mjesec) dosegnu najveću i najmanju visinu izvan meridijana.

Pojavi kod dnevne vrtnje nebeske kugle stoje do geografske širine mjesta opažanja. Za opažača na zemaljskom ekvatoru ( $\varphi = 0^\circ$ ) nebeski su polovi u horizontu, nebeski ekvator prolazi zenitom, zvijezde opisuju vertikalne dnevne krugove, a horizont raspolavlja dnevne krugove njihove. Na sjevernom polu Zemlje ( $\varphi = 90^\circ$ ) sjeverni je nebeski pol u zenitu, ekvator u horizontu, sve zvijezde sjeverne nebeske polukugle ostaju uvijek iznad horizonta ne izlazeći i ne zalazeći, nego opisuju dnevne krugove paralelne s horizontom, a zvijezde južne polukugle ne izlaze nikada (sve ovo, ako se ne uzme u obzir t. zv. refrakcija, o kojoj vidi dalje). Sunce, koje je od početka proljeća do početka jeseni na sjevernoj nebeskoj polukugli, bit će sve to vrijeme iznad horizonta, te ne će zalaziti; u vrijeme od početka jeseni do početka proljeća u idućoj godini ono je na južnoj nebeskoj polukugli, te sve to vrijeme ne će izlaziti nad horizont. Slično će se vladati i Mjesec u razmacima od četrnaest dana od prilike.

U svim drugim mjestima na Zemlji opisuje svaka točka na nebeskoj kugli krugove koso priklonjene spram horizonta, kojih kut prklona ovisi o geografskoj širini mjesta. Zvijezde, kojima je polna daljina  $p$  manja od geografske širine  $\varphi$  mjesta opažanja (sl. 1.), bit će uvijek nad horizontom, njima su i dnevni krug i obje točke kulminacije iznad horizonta (cirkumpolarne zvijezde). Zvijezde, kojima je daljina od južnoga nebeskog pola manja od geografske širine mjesta, ne dižu se uopće iznad horizonta. Sve druge zvijezde izlaze i zalaze u onim točkama horizonta, u kojima dnevni krug njihov siječe horizont. Luk, što ga opisuju gibajući se s nebeskom kuglom od izlaza do zalaza, je *dnevni luk* njihov. Što je veća deklinacija nebeskoga tijela (na sjevernoj zemaljskoj polukugli), veći mu je dnevni luk. Dnevni luk Sunca osobito je važan, jer do njega stoji duljina dana. Kako on stoji do geografske širine mjesta, to je i duljina dana u različitim mjestima istoga meridijana različita. Iz slijedeće tablice vidi se trajanje najduljega i najkraćega dana.

Širina $\varphi$	Najdulji dan	Najkraći dan	Širina $\varphi$	Najdulji dan	Najkraći dan
$0^\circ$	h m	h m	$50^\circ$	h m	h m
10	12 5	12 4'5	55	16 18	8 0
20	12 40	11 30	60	17 17	7 5
30	13 18	10 53	65	18 45	5 45
40	14 2	10 10	65°59'	21 43	3 22
45	14 58	9 16	67° 7'	24 0	3 30
	15 33	8 42		24 0	0 0



Na sjevernoj polukugli dan je najdulji u času, kad se astronomski počinje ljeto (ljetni solsticij), najkraći u času, kad se počinje zima (zimski solsticij). Na južnoj je polukugli obrnuto. Na ekvatoru je najdulji dan u početku ljeta i zime, najkraći u početku proljeća i jeseni.

U krajevima između geografskog pola (sjevernog ili južnog) i polarnog kruga ostaje Sunce dulje vremena nad horizontom ne zalazeći za to vrijeme (*polarni dan*), u drugo doba godine ostaje ispod horizonta ne izlazeći za to vrijeme (*polarna noć*). Iz tablice se vidi trajanje polarnoga dana i noći za sjevernu i južnu zemaljsku polukuglu.

Sjeverna širina	Polarni dan	Polarna noć	Južna širina	Polarni dan	Polarna noć
70°	70 <sup>d</sup>	55 <sup>d</sup>	70°	65 <sup>d</sup>	59 <sup>d</sup>
75	107	93	75	101	99
80	137	123	80	130	130
85	163	150	85	156	158
90	189	176	90	182	183

**Određivanje geografske širine.** Mjerenje zenitne daljine z nebeskoga tijela (na pr. zvijezde stajačice) u času gornje ili donje kulminacije, kada z ima najmanju dotično najveću vrijednost, daje način, da se odredi *geografska širina* mjesta opažanja, ako je poznata deklinacija nebeskoga tijela. Budući da je kut, što ga čini vertikala u mjestu opažanja s ravninom ekvatora, također jednak geografskoj širini  $\varphi$  u mjestu opažanja, izlazi (sl. 1. i 3.) ova relacija za *gornju kulminaciju*:

$$\varphi = \delta + z \text{ (ako tijelo kulminira južno od zenita),}$$

$$\varphi = \delta - z \text{ (ako tijelo kulminira sjeverno od zenita).}$$

U času *donje kulminacije* je:

$$z = (90^\circ - \varphi) + (90^\circ - \delta),$$

prema tome

$$\varphi = 180^\circ - (z + \delta).$$

**Ekliptički koordinatni sustav.** Dnevnim motrenjem rektascenzije i deklinacije središta Sunčeve ploče razabira se, da se Sunce pomiče na nebeskoj kugli među zvijezdama od zapada prema istoku nezavisno od dnevnoga gibanja svoga zajedno s nebeskom kuglom od istoka prema zapadu. Rektascenzija mu raste, ali nejednoliko, od početka proljeća, kada je jednaka 0<sup>h</sup>, do 24<sup>h</sup>, a deklinacija prima sve vrijednosti između  $-23^\circ 27'$  (početak zime) i  $+23^\circ 27'$  (početak ljeta). To se pomicanje očituje i na taj način, što se u različita godišnja doba, a u iste sate, vide različita zvijezda na pr. na istočnom nebu. Mjerenja ekvatorskih koordinata Sunčeva središta pokazuju, da je godišnja staza njegova (zanemarišći sitne razlike) najveći krug na nebeskoj kugli, nazvan *ekliptika*, i da Sunce izvrši jedan ophod po nebu u godini dana. Kako je to godišnje gibanje Sunca samo odraz gibanja Zemlje oko Sunca, izvršenoga u istom vremenu i u istoj ravnini, možemo reći, da je ekliptika i presjek ravnine staze Zemljine oko Sunca (ravnine ekliptike) s nebeskom kuglom.

*Ekliptika* ima u ekliptičkom koordinatnom sustavu zadaću horizonta i nebeskoga ekvatora u predašnja dva sustava. Zadaću vertikale i svjetske

osi ima os *ekliptike*, t. j. okomica na ekliptici u središtu kugle nebeske. Ona siječe nebesku kuglu u dvije točke, od kojih jedna, *sjeverni pol ekliptike*, leži na sjevernoj nebeskoj polukugli, a druga, *južni pol ekliptike*, na južnoj. — S nebeskim ekvatorom čini ekliptika kut, *priklon ekliptike* koji iznosi oko  $23^\circ 27'$ , a malo se s vremenom mijenja. Za taj je isti kut sjeverni nebeski pol sferno udaljen od sjevernoga pola ekliptike. — Nebeski ekvator i ekliptika sijeku se u dvije točke, *ekvinokcijalne točke*, od kojih je jedna već spomenuta *proljetna točka*, a druga, dijametralno nasuprot, *jesenja točka*, u kojoj se Sunce nađe u času, kad se astronomski počinje jesen. 90° u ekliptici dalje od proljetne točke u smislu godišnjega gibanja Sunca leži *ljetna solsticijalna točka*, a 90° u istom smislu dalje od jesenje točke leži *zimski solsticijalna točka*, u kojima se Sunce nađe u početku ljeta, dotično zime. — *Širinski krug* je najveći krug na nebeskoj kugli, koji prolazi polovima ekliptike. On stoji dakle okomito na ravnini ekliptike.

Položaj nebeskoga tijela određuju dvije *ekliptičke koordinate*, duljina i širina. Duljina ( $\lambda$ ) nebeskoga tijela T je kut ravnine širinskoga kruga njegova i ravnine širinskoga kruga, koji prolazi proljetnom točkom. Broji se na ekliptici počevši od proljetne točke u smislu godišnjega prividnog gibanja Sunca od 0° do 360°, dakle u istom smislu, u kome se broje i rektascenzije.

*Širina* ( $\beta$ ) nebeskoga tijela T je kut smjera njegova i ravnine ekliptike. Broji se u ravnini širinskoga kruga njegova počevši od ekliptike do sjevernoga pola ekliptike od 0° do  $+90^\circ$ , i od ekliptike do južnoga pola ekliptike od 0° do  $-90^\circ$ . Na duljinu kao ni na širinu ne utječe dnevna vrtnja neba.

**Godišnje dobe. Faze Mjesečeve.** Godišnje prividno gibanje Sunca u ekliptici nije jednoliko, nego je najbrže u početku januara, najsporije u početku jula, što je opet odraz gibanja Zemljina, koja je tada najbliže Suncu (*perihel*), dotično najdalje od Sunca (*afel*), pa joj je brzina najveća, dotično najmanja.

Do duljine Sunca stoji *početak godišnjih dobi*. Kako vidjesmo, proljeće se počinje, kad je duljina Sunca  $\lambda = 0^\circ$ ; ljeto, kad je  $\lambda = 90^\circ$ ; jesen, kad je  $\lambda = 180^\circ$ ; zima, kad je  $\lambda = 270^\circ$ . Današnje srednje trajanje godišnjih dobi je ovo:

proljeće	92 <sup>d</sup> 20 <sup>h</sup> ,	jesen	89 <sup>d</sup> 19 <sup>h</sup> ,
ljeto	93 <sup>d</sup> 15 <sup>h</sup> ,	zima	89 <sup>d</sup> 0 <sup>h</sup> .

Proljeće i ljeto traju dakle zajedno gotovo 8<sup>d</sup> dulje od jeseni i zime. — Na južnoj je zemaljskoj polukugli ljeto, kad je na sjevernoj zima, a jesen, kad je na sjevernoj proljeće, pa je stoga na pr. južno ljeto kraće od sjevernoga za više od 4<sup>d</sup>. — Trajanje se godišnjih dobi s vremenom mijenja.

*Mijene (faze) Mjesečeve* stoje do razlike duljine Sunca i Mjeseca. Mlađ, prva četvrt, uštap, posljednja četvrt nastaju u času, kad je duljina središta ploče Mjesečeve za 0°, 90°, 180°, 270° veća od duljine središta ploče Sunčeve.

**Prividno gibanje planeta.** Do razlike duljine planeta i Sunca stoje i pojedini pojavi prividnoga gibanja planeta. Planet je u *konjunkciji* sa

Suncem s obzirom na zemaljskoga opažača, kad mu je duljina jednaka duljini Sunca; Sunce i planet, gledani sa Zemlje, nalaze se u istom pravcu s iste strane Zemlje. Planet, je u *opoziciji* sa Suncem, kad mu se duljina razlikuje od Sunčeve za 180°; gledani sa Zemlje, Sunce i planet nalaze se u istom pravcu, no na suprotnim stranama Zemlje, te je Zemlja između njih. Planet je u *kvadraturi* sa Suncem, kad mu se duljina razlikuje od Sunčeve za 90°.

Gornji planeti (Mars, Jupiter, Saturn, Uran, Neptun, Pluton) dolaze sa Suncem naizmjenice u konjunkcije i opozicije (preko kvadratura); donji planeti (Merkur, Venera) ne mogu doći u opoziciju, nego dolaze u dvije vrste konjunkcija: *gornju* i *donju*. Gledani sa Zemlje nalaze se oni tada sa Suncem u istom pravcu i s iste strane Zemlje, samo je u gornjoj konjunkciji planet dalje od Zemlje nego Sunce, dok je u donjoj bliže. Donji se planeti u prividnom svom gibanju nikad ne udaljuju daleko od Sunca. Najveća im je kutna daljina od Sunca, kada su u *istočnoj* ili *zapadnoj* *eloganciji*.

Tok prividnoga gibanja planeta u glavnom je ovaj. Planet polazeći iz gornje konjunkcije giba se isprva među zvijezdama spram *istoka*, *direktno*, t. j. u smislu, u kome rastu rektascenzije i duljine. Gibanje mu biva pomalo sporije, dok ne stane, bude *stacioniran*. Tad se okrene smjer gibanja i planet se giba neko vrijeme spram zapada *retrogradno*, prolazeći opozicijom (ako je gornji planet) ili donjom konjunkcijom (ako je donji planet). Kad dovrši, retrogradno gibanje, bude planet opet stacioniran te se poslije toga časa giba direktno, dok ne stigne u gornju konjunkciju i dovrši jedan t. zv. *snodički* ophod.

**Zodijak.** Tako se zove pojas na nebeskoj kugli širok 16°, koga ekliptika uzduž raspolavlja i unutar kojega se gibaju Sunce, Mjesec i planeti. Počevši od proljetne točke razdijeli se taj pojas u dvanaest jednakih dijelova (svaki po 30° duljine), te se po prastarom običaju zovu ti dijelovi: Ovan, Bik, Blizanci . . . , Rabe; to su *znaci zodijaka*. Ovan, Bik, Blizanci su proljetni znaci; Rak, Lav, Djevica, ljetni znaci; Vaga, Štrepavac, Strijelac jesenji, a Jarac, Vodnjak, Rabe zimski znaci. Radi precesije (vidi dalje) ne podudaraju se danas znaci zodijaka s istoimenim zvijezdom. *Znak* je Ovna na primjer danas u *zviježđu Riba*; svaki znak se pomakao natrag, u zviježđe zapadno od njega.

**Precesija i nutacija.** Osnovne ravnine u koordinatnim sustavima ekvatorskom i ekliptičkom: nebeski ekvator i ekliptika nijesu u prostoru nepomične, zato ni ekvatorske, ni ekliptičke koordinate nebeskoga tijela nijesu konstantni brojevi, nego se mijenjaju s vremenom, no te su promjene u kraćim vremenskim razmacima sitne.

*Ravnina ekliptike*, dakle ravnina staze Zemlje oko Sunca, mijenja svoj položaj u tijeku vremena kao i ravnine svih drugih staza planetских. Uzrok je u tome, što gibanje svakog planeta smetaju drugi članovi Sunčeva sustava; oni izvode *perturbacije* u gibanju njegovu oko Sunca, koje bi bez toga bilo strogo gibanje po zakonima Keplerovim, pa bi napose ravnina, u kojoj bi se gibal težšte Zemlje, kad ne bi bilo perturbacije, imala za sva vremena nepromijenjen položaj u prostoru. — *Ravnina ne-*

*beskoga ekvatora* mijenja svoj položaj u tijeku vremena, jer privlačenje Sunca i Mjeseca na Zemlju, koja se vrti oko svoje osi a ima oblik steroida, nastoji da umanjí priklon ekliptike. Radi vrtnje Zemljine izlazi odatle gibanje osi njezine, koja bi inače ostala paralelna samoj sebi u prostoru. To čini, da ona neprekidno mijenja svoj položaj u prostoru opisujući stožac, kome je vrh u težištu Zemlje, a plašt nepravilno navo-rana pravčasta ploha. Poradi toga ne ostaju ni nebeski polovi na svom mjestu, ni nebeski ekvator, koji je okomit na svjetskoj osi. — Budući da se obje te ravnine lagano pomiču u prostoru, pomiču se i presjecišta njihova, to jest ekvinokcijalne točke, a mijenja se i kut, što ga čine, to jest priklon ekliptike. Da se odjele promjene koordinata, kojima je uzrok pomicanje osnovnih ravnina i krugova, od onih, kojima je uzrok samo gibanje tijela treba ta pomicanja istražiti i uzeti u račun.

Kod analitičkog izučavanja pomicanja osnovnih ravnina vidi se, da se ono sastavlja od dva raznovrsna pomicanja, koja se odjelito izučavaju. Prvo pomicanje i nebeskog ekvatora i ekliptike je sporo, biva uvijek u istom smislu u dugom nizu godina i gotovo je razmjerno s vremenom, to je *sekularno* pomicanje. Položaj, u kome bi se u neki čas nalazili ekvator i ekliptika poradi samoga sekularnog pomicanja, je *srednji ekvator i srednja ekliptika* u taj čas. Presjecište njihovo je *srednja proljetna točka* u taj čas, a kut, što ga zatvaraju, je *srednji priklon ekliptike* u taj čas. — Drugo pomicanje, uzeto samo za se, sastavljeno je od mnogo sitnih periodičkih pomicanja; radi njega bi i ekvator i ekliptika u glavnom oscilirali oko srednjega položaja; jednom bi se nalazili iznad njega, zatim bi mu se približavali i napokon s njime podudarali; poslije toga bi se spuštali ispod srednjega položaja i udaljavali od njega do izvjesnoga časa, da se stanu napokon opet vraćati u isti položaj. — Uistinu se oba gibanja sastavljaju, i to sastavljeno gibanje je pravo gibanje nebeskoga ekvatora i ekliptike. Položaj, koji kod toga pravog gibanja imaju ekvator i ekliptika u izvjesnom času, je *pravi ekvator i prava ekliptika* u tom času. Jedna od točaka, u kojoj se doista sijeku u taj čas, je *prava proljetna točka* u taj čas, a kut, što ga zatvaraju je *pravi priklon ekliptike* u taj čas. U praktičnoj se astronomiji upotrebljava samo srednja ekliptika kao osnovna ravnina; ne uzimaju se dakle u obzir njene oscilacije.

Sekularno pomicanje ekvatora i ekliptike zove se *precesijom* njihovom, a ono pomicanje, što izlazi iz oscilacija ekvatora, zove se *nutacijom*.

**Gibanje proljetne točke. Vrste godina.** Pomicanja osnovnih ravnina zrcale se u gibanju proljetne točke po ekliptici i u srodnom gibanju njenom po nebeskom ekvatoru. Proljetna točka pomiče se po ekliptici dvojako. Poradi same precesije pomicala bi se ona po pomičnoj ekliptici sporo, uvijek u istom smislu u dugom nizu godina i gotovo razmjerno s vremenom, u sadašnje doba otprilike za 50"26 godišnje i to u smislu protivnom od onoga, u kome se broje duljine, radi toga *rastu* duljine svih nebeskih tjelesa. Po nebeskom ekvatoru pomiče se proljetna točka na sličan način, samo godišnje otprilike za 46"09. To pomicanje, *precesija proljetne točke* ili *precesija ekvinokcija*, biva u smislu protivnom od onoga, u kome se Sunce prividno giba na nebu u tijeku godine dana; proljetna točka, u kojoj se središte Sunca našlo na početku proljeća, giba se unatrag,



te ide ususret Suncu (*\*precesija\**), koje ima doći u proljetnu točku. Vrijeme dakle, što ga središte Sunca treba da prođe ekliptiku, te da se vrati u proljetnu točku (*tropska godina*), kraće je od onoga, što bi ga trebalo da se vrati u istu točku ekliptike, iz koje je pošlo (*siderička godina*). Srednje trajanje tropske godine t. j. poprečno trajanje izvedeno iz opažanja velikog broja godina, je  $365^d 5^h 48^m 45^s.98 = 365.242 198 78$  srednjih Sunčevih dana (vrijedi za početak godine 1900.; duljina se ta nešto mijenja, te se u 1000 godina umanju za  $5.3^s$ ), a trajanje sideričke godine je  $365^d 6^h 9^m 9^s.5 = 365.256 360 42$  srednjih dana (g. 1900.; s vremenom se duljina mijenja, no sasvim neznatno). Tropska je godina radi veze s godišnjim dobama za čovjeka najvažnija, te je ona godina na kojoj se osniva kalendar.

U astronomiji se upotrebljava još i treća godina *anomalistička*, t. j. vrijeme, što poprijeke proteče između dva prolaza Sunčeva perigejom, koji dolaze jedan za drugim (ili, što je isto, između dva prolaza Zemlje perihelom, koji dolaze jedan za drugim). Budući da se spojnice perigeja i apogeja Sunčeva u prividnoj ekliptičkoj stazi njegovoj oko Zemlje, t. zv. *pravac apside*, lagano giba spram istoka, anomalistička je godina nešto dulja od sideričke i iznosi  $365^d 6^h 13^m 53^s.0 = 365.259 641 34$  srednjih dana (g. 1900.; u 100 godina uveća se za  $0^s.3$ ).

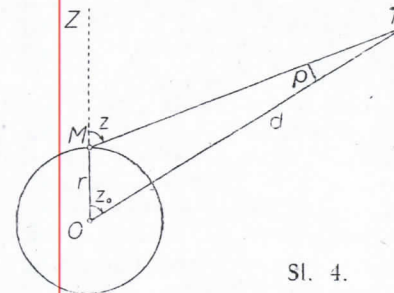
Mjesto, gdje bi se proljetna točka nalazila u izvjesni čas samo radi toga sekularnog pomicanja, je *srednji ekvinokcij* u taj čas; rektascenzije ili duljine mjerene od toga srednjeg ekvinokcija kao ishodišta na srednjem ekvatoru ili srednjoj ekliptici u isti čas jesu *srednje rektascenzije i duljine*. Precesija osnovnih ravnina mijenja i ekvatorske i ekliptičke koordinate nebeskih tjeles.

Dok se srednja proljetna točka pomiče sekularno, oscilira prava proljetna točka oko pomične srednje, i to najviše za nekih  $17''$  na svaku stranu, a doviši jednu takovu oscilaciju u glavnom za  $18\frac{2}{3}$  god. Ovo drugo periodičko pomicanje je *nutacija proljetne točke*. Kod priklona ekliptike imamo *nutaciju u priklonu*; prava ekliptika oscilira oko srednje za nekih  $9''$  na svaku stranu te izvrši jednu oscilaciju u istoj periodi od  $18\frac{2}{3}$  god. otprilike. Od srednjih se dakle vrijednosti duljina, rektascenzija ili priklona ekliptike prelazi na vrijednosti njihove mjerene od prave proljetne točke dodavši im iznos nutacije u duljini, rektascenziji ili priklonu ekliptike. — Budući da nutacija potječe samo od pomicanja ekvatora te ne utječe na položaj ekliptike, nutacija je u širini jednaka nuli, dok se duljina nebeskih tjeles kao i obje ekvatorske koordinate periodički mijenjaju.

**Redukcija na pravo mjesto.** Često se u astronomiji mora prijeći od koordinata nebeskoga tijela mjenjenih od srednjega ekvinokcija na početku godine (*srednjega mjesta*) na koordinate mjerene od pravoga ekvinokcija u neki čas (*pravo mjesto*). Tada se najprije doda srednjim koordinatama na početku godine iznos precesije za vrijeme, koje je proteklo od početka godine do dotičnoga časa i time se prijeđe na koordinate mjerene od srednjega ekvinokcija u taj čas. Tim se vrijednostima doda još iznos nutacije u isti čas i tako se dobiju koordinate nebeskoga tijela mjerene od pravoga ekvinokcija u onaj čas. Taj se račun zove *redukcija na pravo mjesto*.

**Paralaksa.** Kada se radi o nebeskim tjelesima Sunčeva sustava, valja u račun uzeti promjenu prividnoga položaja njihova, koja nastaje radi toga, što se opažanja ne izvode sva u jednom mjestu Zemlje, nego u različitim mjestima. Da se ta različita opažanja mogu izravno isporučiti, valja ih svesti na vrijednosti, koje bi imala, da su izvedena u istoj točki kugle zemaljske, za koju se uvijek uzima središte Zemlje (*geocentrična opažanja*).

Smjer nebeskoga tijela T (sl. 4.) gledanoga iz središta Zemlje O je OT; smjer istoga tijela gledanog iz mjesta opažanja M je MT. Razlika obadvaju smjerova t. j. kut  $OTM = p$ , je dnevna paralaksa tijela T. Jasno je, da je p i kut, pod kojim se iz središta tijela T vidi polumjer Zemlje r, koji pripada mjestu M.



Sl. 4.

Kad se radi na pr. o zenitnim daljinama, vidi se iz sl. 4., da je paralaksa  $p = z - z_0$  ona korekcija, kojom se prelazi od zenitne daljine z izmjerene u M na geocentričnu zenitnu daljinu  $z_0$ .

Dnevna je paralaksa najveća, kad je  $z = 90^\circ$ , t. j. kad je tijelo T u horizontu mjesta M; to je *horizontalna paralaksa*. A ako se uzme u obzir, da Zemlja nije kugla,

nego vrlo približno rotacioni elipsoid na polovima splošten, t. j. tijelo nastalo rotacijom elipse oko male osi, imaju mjesta na ekvatoru zemaljskom najveći radij, pa im je i horizontalna paralaksa najveća; to je *horizontalna ekvatorska paralaksa*, dakle kut, pod kojim se vidi radij jednoga mjesta na zemaljskom ekvatoru iz središta tijela T u času, kad mu je ono u horizontu. Ta je paralaksa uvijek maleni kut. Kod Sunca iznosi ona u srednjoj daljini Sunca od Zemlje  $8''.80$ , kod Mjeseca, koji ima od svih članova Sunčeva sustava najveću paralaksu, iznosi srednja vrijednost njena  $57'2''.70$  (Delaunay-Radau), a mijenja se između  $52'$  i  $62'$ .

Budući da je horizontalna ekvatorska paralaksa obrnuto razmjerna s daljinom nebeskog tijela od središta Zemlje, poznavanje je te paralakse isto što i poznavanje daljine, mjerene ekvatorskim radijem Zemlje kao jedinicom (oko 6378 km). Kod Sunca izlazi odatle, da je srednja daljina Sunca od Zemlje 23439.19 ekvatorskih radija Zemlje, a srednja daljina Mjeseca od Zemlje 60.2665 istih jedinica.

Kod opažanja zvijezda stajačica iščezava dnevna paralaksa, no za neke od njih nama dovoljno bliske postoji *godišnja paralaksa*, t. j. promjena prividnog položaja njihova prema tome, s koje se točke u godišnjoj stazi Zemlje oko Sunca zvijezda opaža. Napose se zove godišnja paralaksa kut, pod kojim se s te zvijezde vidi polovina velike osi staze Zemlje oko Sunca, kad os stoji okomito na spojnici zvijezde i središta Sunca. Taj je kut uvijek vrlo malen te najveća danas poznata godišnja paralaksa (zvijezda Proxima Centauri) iznosi  $0''.76$ .

**Aberacija.** Ima još jedna korekcija, koju treba uzeti u obzir kod određivanja koordinata nebeskih tjelesa iz opažanja (osim refrakcije, o kojoj vidi dalje, i radi koje se mjerenje odmah poslije opažanja korigira). Uzrok joj je u tom, što mjesto (Zemlja), s koga motrimo nebeska tjelesa, ne miruje u prostoru, nego se giba, a širenje svjetlosti, ma da biva veoma brzo (oko 300.000 km u sekundi), nije ipak časovito. Radi toga se spojica oka opažačeva i nebeskoga tijela, kako ga vidimo, ne podudara sa smjerom zrake svjetlosti u prostoru. Smjer, u kome vidimo nebeska tjelesa, promijenio se u smislu gibanja Zemlje za neki kut, *kut aberacije*, koji stoji do smjera zrake svjetlosti spram smjera gibanja Zemlje i do omjera brzine Zemlje i brzine svjetlosti; sam se pojav zove *abercija svjetlosti*. Smjer nebeskoga tijela kako ga daju opažanja, je *prividni smjer*; smjer koji bismo našli, da nema aberacije, je *pravi smjer* nebeskog tijela. Mjesto nebeskoga tijela na nebeskoj kugli, kako ga vidimo i kojega se mjerenja tiču je *prividno mjesto* (prividna rektascenzija, *duljina*); radi aberacije razlikuje se to mjesto od *pravoga mjesta* njegovoga.

Iz godišnjega gibanja Zemlje oko Sunca (brzina 29 do 30 km u sekundi) izlazi za zvijezde *godišnja aberacija* zvijezda stajačica, a iz dnevne vrtnje njene oko osi (brzina točke na ekvatoru 465 m u sekundi) izlazi *dnevna aberacija*. Učinak godišnje aberacije na zvijezde stajačice je taj, da svaka zvijezda opiše u godini dana oko pravoga položaja elipsu, kojoj je velika os paralelna s ekliptikom i iznosi  $40''94$ . Za zvijezde, koje bi se nalazile u polu ekliptike, reducirala bi se elipsa na kružnicu, a za zvijezde u ravnini ekliptike na pravac. Učinak godišnje aberacije na duljinu Sunca vrlo je približno taj, da je *prividna duljina Sunca za  $20''47$  manja od prave duljine Sunca*. Dnevna aberacija izvodi malu promjenu u položaju nebeskih tjelesa. Najveći joj je iznos  $0''3$ .

Kod članova Sunčeva sustava nađe se pravo mjesto njihovo na temelju teorema sferne astronomije o *»planetskoj aberaciji«*; prema njemu se prividno mjesto u času  $t$  podudara s pravim mjestom u času  $t - v.a.$ , gdje  $v.a.$  znači vrijeme aberacije, t. j. vrijeme, što ga treba svjetlost, da dođe od dotičnoga nebeskog tijela k Zemlji; pri tome je  $v.a. = 498'5'' \times D$ , gdje  $D$  znači daljinu nebeskoga tijela od Zemlje mjerenu astronomskom jedinicom za duljine (o kojoj vidi dalje).

**Reductio ad locum apparentem.** Opažanja, koja se osnivaju na vrtnji Zemlje oko osi, daju *prividne koordinate* nebeskih tjelesa, koje se odnose na momentani položaj ekvatora i ekliptike, dakle su mjerene od prave proljetne točke u času opažanja. Da se više takovih opažanja može isporučiti, moraju se naći *prave koordinate* njihove mjerene od izvjesnog jednog ekvinokcija. Zato se isprave koordinate najprije radi aberacije i paralakse (godišnje kod stajačica, za koje je paralaksa izmjerena; dnevne kod članova Sunčeva sustava) i tako se dobiju prave koordinate u času opažanja, mjerene od pravoga ekvinokcija u tom času. Uklonivši iz njih nutaciju prelazi se na koordinate mjerene od srednjega ekvinokcija u istom času, a uzevši u račun precesiju od toga časa do početka godine dobivaju se koordinate mjerene od srednjega ekvinokcija na početku godine. Odatle se može lako prijeći na drugi koji srednji ekvinokcij. Obrnutim se računima prelazi od srednjih koordinata na početku godine na

prividne koordinate u izvjesnom času. Taj se postupak zove *reductio ad locum apparentem*.

**Zvezdano vrijeme.** Vrtinja Zemlje oko svjetske osi u smjeru zapad—istok (ili prividna vrtinja kugle nebeske u smjeru istok—zapad oko iste osi), za koju se može uzeti da je jednolika, već je od davnine uzeta za osnov mjerenja vremena. Počevši od izvjesnog časa u vrtnji Zemlje mjeri se kut, za koji se nebeska kugla okrenula, i on se dovodi u svezu s vremenom. Tako se mjerenje vremena svodi u astronomiji na mjerenje kutova. Prirodno je, da se uzme za taj kut gore definiran satni kut neke točke na nebeskoj kugli, koji radi vrtnje Zemljine neprekidno raste od  $0^\circ$  do  $360^\circ$ .

Tri se vrsti vremena upotrebljavaju u astronomiji: *zvezdano vrijeme* astronomima najbliže, vezano uz proljetnu točku kao osobitu točku nebeske kugle, te *pravo* i *srednje* Sunčevo vrijeme, radi važnosti Sunca za život.

*Zvezdani dan* je vrijeme, što proteče između dvije gornje kulminacije prave proljetne točke, koje slijede jedna za drugom; praktički uzevši, to je i vrijeme, u kojem Zemlja (ili nebeska kugla) izvrši jedan okret oko osi. *Zvezdano vrijeme* (zv. vr.) u izvjesni čas u izvjesnom mjestu je satni kut prave proljetne točke u taj čas i u tome mjestu. Dakle je u svakom mjestu  $0^h$  zv. vr., kada je proljetna točka u meridijanu toga mjesta u gornjoj kulminaciji,  $1^h$  zv. vr., kad se vrtnjom kugle nebeske pomakla proljetna točka  $15^\circ$  iz meridijana na zapad, ...,  $23^h$  zv. vr., kad je proljetna točka s istočne strane  $15^\circ$  udaljena od meridijana. Zvezdani dan, koji se počinje u času gornjega prolaza prave proljetne točke meridijanom mjesta ( $0^h$  zv. vr.), ima 24 sata zv. vr. ( $24 \times 60$  minuta zv. vr.,  $24 \times 60 \times 60$  sekunda zv. vr.). — Budući da radi precesije i nutacije prava proljetna točka nije nepomična, niti se giba jednoliko, nije tako definirano zvezdano vrijeme jednolika mjera vremena, niti je duljina zvezdanoga dana konstantna. No razlika spram sasvim jednolike mjere zvezdanoga vremena tako je sitna (iznosi najviše  $1^s05$  na više ili na manje u vremenu od  $182\frac{2}{3}$  godina), da se u praksi astronomskoj i ne uzima u obzir.

S obzirom na način, kako se broje rektascenzije, jasno je, da svaka točka nebeske kugle dolazi u meridijan za toliko  $h m s$  kasnije od proljetne točke, kolika joj je rektascenzija (izražena u  $h m s$ ), da je dakle *zvezdano vrijeme u času gornje kulminacije te točke jednako njenoj rektascenziji*. Prema tome:

sve zvijezde s  $\alpha = 0^h$  kulminiraju u svakom mjestu u  $0^h$  zv. vr.,  
sve zvijezde s  $\alpha = 1^h$  kulminiraju u svakom mjestu u  $1^h$  zv. vr.,

sve zvijezde s  $\alpha = 23^h$  kulminiraju u svakom mjestu u  $23^h$  zv. vr.,  
gdje se pod kulminacijom misli *gornja* kulminacija; donja se kulminacija događa  $12^h$  zv. vr. kasnije.

Ako se ispoređuje zvezdano vrijeme u koji drugi čas  $t$  s rektascenzijom zvijezde, nalazi se, da općeno vrijedi ova relacija (sl. 3.):

$$(a) \quad t = \alpha + \tau.$$



gdje  $t$  znači zvjezdano vrijeme u izvjesnom mjestu i u izvjesnom času, a rektascenziju nebeskog tijela (zvijezde, Sunca, Mjeseca, i t. d.), a  $\tau$  satni kut njegov u isti čas. Za  $\tau = 0$  izlazi odatle gornja osobitost u času gornje kulminacije. Na njoj se osniva najjednostavnija metoda za određivanje vremena motrenjem prolaza zvijezde meridijanom mjesta. Ura zvjezdanog vremena, koja se ispituje, mora u času, kada zvijezda s poznatom rektascenzijom prolazi meridijanom mjesta, pokazivati toliko h m s, kolika je rektascenzija zvijezde. Razlika h m s ure i rektascenzije zvijezde daje korekciju ure, i time određenje vremena.

**Pravo i srednje Sunčevo vrijeme.** Radi važnosti Sunca za život osniva se na prividnom gibanju njegovu drugo mjerenje vremena. *Pravi Sunčev dan* je vrijeme, što proteče između dvije gornje kulminacije središta pravoga Sunca, koje slijede jedna za drugom, a *pravo Sunčevo vrijeme* (pr. vr.) u nekom mjestu i u neki čas je satni kut središta pravoga Sunca u tom mjestu i u taj čas, kako se vidi iz središta Zemlje. Pravi Sunčev dan, koji se počinje u času gornje kulminacije središta pravoga Sunca (*pravo podne* = 0h pr. vr.), ima 24 sata pr. vr. ( $24 \times 60$  minuta pr. vr.  $24 \times 60 \times 60$  sekunda pr. vr.).

Budući da gibanje pravoga Sunca u ekliptici nije jednoliko, a i događa se u ravnini nagnutoj spram nebeskog ekvatora, mijenja se trajanje pravoga Sunčeva dana u tijeku godine, pa tako pravo vrijeme nije zgodna mjera vremena. Stoga se uvodi mjesto pravoga Sunca, koje se nejednoliko giba u ekliptici, pomišljeno jedno »srednje Sunce«, koje se jednoliko giba u nebeskom ekvatoru u smislu, u kome se broje rektascenzije, i to tako, da se nikada mnogo ne udalji od pravoga Sunca, a svršava jedan ophod po nebeskom ekvatoru u istom vremenu u kome poprijeko i pravo Sunce (tropska godina). *Srednji Sunčev dan*, ili kraće, *srednji dan*, je vrijeme što proteče između dvije gornje kulminacije srednjega Sunca, koje slijede jedna za drugom; taj je dan konstantne duljine. *Srednje vrijeme astronomsko* ili naprosto *srednje vrijeme* (sr. vr. u nekom mjestu i u neki čas je satni kut srednjega Sunca u tom mjestu i u taj čas +12h. Srednji astronomski dan počinjao se naime do 1925. u času gornje kulminacije srednjega Sunca (*srednje podne* = 0h sr. vr.), no od 1925. broji se i u astronomiji od donje kulminacije (*srednja ponoć* = 0h sr. vr.), te ima 24 sata sr. vr. ( $24 \times 60$  minuta sr. vr.,  $24 \times 60 \times 60$  sekunda sr. vr.).

**Građansko vrijeme.** Tim se srednjim vremenom služimo u svakodnevnom životu. *Građanski srednji dan* počinje u srednjoj ponoći i broji se ili od 0h do 24h (prihvaćeno u Jugoslaviji), ili od 0h do 12h s oznakom prije podne i od 0h do 12h s oznakom poslije podne.

**Vrijeme i geografska duljina.** Sva ta vremena, zvjezdano, pravo i srednje, vezana su o meridijan u mjestu opažanja, pa su stoga *mjesna vremena*; samo ona mjesta na Zemlji imaju u isti čas isto vrijeme, koja leže na istom meridijanu. Mjesta, koja leže istočno od izvjesnog mjesta, imaju za toliko h m s više vremena, za koliko je geografska duljina njihova izražena u h m s veća od one u prvom mjestu; a mjesta zapadna, za toliko manje. *Osnovni meridijan* (nul-meridijan), od koga se danas u astronomiji većinom broje duljine, je meridijan zvjezdarnice u Greenwichu; on je uzet za osnovni meridijan i u drugom dijelu ovoga kalendara.

Ako je dakle  $t_0$  vrijeme (zv. vr., pr. vr., sr. vr.) u Greenwichu, a  $t$  vrijeme iste vrste u isti čas u mjestu s geografskom duljinom  $\lambda$  izraženom u h m s, brojenom od Greenwicha od 0h do 12h, s predznakom +, ako je mjesto zapadno od Greenwicha, a —, ako je istočno (sl. 5.), tada se prelazi od Greenw. vremena  $t_0$  na mjesno vrijeme  $t$  (ili obratno) relacijom:

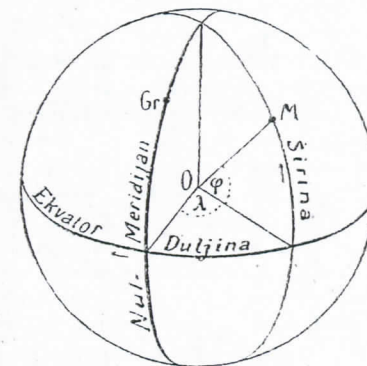
$$(b) \quad t_0 = t + \lambda$$

Ako se pri tome dobije (kod sr. vr. ili pr. vr.) više od 24h ili negativan broj sati, mijenja se datum za 1 dan na više ili manje. Na pr. Mart 3, 28h ili Mart 5, —20h znače isto što i Mart 4, 4h.

Primjeri. 1. Neki pojav dogodio se u Greenwichu dne 23. V. u 11h 34m 36s srednjega mjesnog vremena. Koliko je u isti čas srednje mjesno vrijeme u Quitu ( $\lambda = +5^h 15^m 20^s$ )? Iz (b) izlazi za traženo vrijeme u Quitu: 23. V. 6h 19m 16s.

2. — Opažanje neko izvedeno je u Hong Kongu ( $\lambda = -7^h 36^m 42^s$ ) dne 18. III. u 4h 28m 24s srednjega mjesnog vremena. Koliko je greenwicksko srednje vrijeme u isti čas? Iz (b) izlazi: 18. III. —3h 8m 18s = 17. III. 20h 51m 42s.

Prije uvedenja meridijana greenwickskog kao početnoga meridijana upotrebljavale su različite efemeride različite početne meridijane. Slijedeća tablica daje najvažnije od tih meridijana i međusobni njihov odnošaj; predznak + znači, da je mjesto zapadno od dotičnoga početnoga meridijana; — da je istočno.



Sl. 5.

Ferro	Greenwich	Paris	Berlin
h m s	h m s	h m s	h m s
0 0 0'0	—1 10 39'1	—1 20 0'0	—2 4 13'9
+1 10 39'1	0 0 0'0	—0 9 20'9	—0 53 34'8
+1 20 0'0	+0 9 20'9	0 0 0'0	—0 44 13'9
+2 4 13'9	+0 53 34'8	+0 44 13'9	0 0 0'0

**Vremenski sektori ili zone.** Da se uklone iz javnoga života mnoge neprilike, koje izlaze iz porabe različitih mjesnih vremena, uvedena su u većini država t. zv. *vremena sektora ili zona*. Cijela se Zemlja razdijeli meridijanima u 24 jednaka sferna dvokuta, od kojih svaki mjeri na ekvatoru zemaljskom  $15^\circ = 1^h$  duljine (vidi str. 164). Meridijan greenwickski ( $0^h$  duljine) prolazi sredinom prvoga vremenskog sektora; meridijan s geografskom duljinom  $15^\circ = 1^h$  istočno od Greenwicha prolazi sredinom drugoga vremenskog sektora itd. Tada sve javne ure u jednom takvom sektoru moraju pokazivati isti broj sati, minuta i sekunda, koji pokazuju ure u sre-



dišnjem meridijanu sektora, t. j. moraju pokazivati mjesno vrijeme središnjega meridijana u tome sektoru (*zonsko vrijeme*, ma da se mjesna vremena u pojedinim mjestima sektora razlikuju od toga vremena), a sve javne ure različitih sektora pokazuju u isti čas isti broj minuta i sekunda, dok im se broj sati razlikuje za cijele brojeve. Sve javne ure prvoga sektora pokazuju mjesno vrijeme greenwichko ili t. zv. *zapadnoevropsko vrijeme*; sve javne ure drugoga sektora, u koji spadamo i mi, pokazuju mjesno vrijeme 15. meridijana istočno od Greenwicha ili t. zv. *srednjeevropsko vrijeme*, koje je za 1<sup>h</sup> veće od zapadnoevropskoga vremena i t. d. Prema položaju i veličini svojoj odabiru države po jedno ili više takovih konvencionalnih vremena. Ta se vremena počinju upotrebljavati u svrhe plovljenja. Dosada su ih uvele mnoge mornarice određivši, da brodske ure moraju pokazivati vrijeme onoga sektora, u kome se upravo nalaze. U nekim državama iz ekonomskih razloga se ljeti promijeni obično označivanje sati za 1<sup>h</sup> na više (*ljetno vrijeme*). U Sovjetskom Savezu vrijedi to cijele godine (*dekretno vrijeme*).

Budući da je sav javni život vezan uz zonsko vrijeme, koga pokazuju svi satovi, a u astronomskoj praksi se stvarno mjeri samo zvjezdano ili pravo sunčevo vrijeme, potrebno je znati prelaz od zonskog na zvjezdano i obrnuto i prelaz od zonskog na pravo sunčevo i obrnuto. Pri tim prelazima služimo se srednjim vremenom samo kao pomoćnom veličinom, koju često puta možemo mimoći. (Vidi primjere na str. 82.).

**Veza srednjeg i zonskog vremena.** Ta se veza ostvaruje pomoću geografske duljine izražene u vremenskoj mjeri. Ako s  $T$  označimo zonsko vrijeme, s  $\lambda$  geografsku duljinu mjesta, s  $\lambda_0$  geografsku duljinu srednjeg meridijana zone, a s  $t$  srednje (mjesno) vrijeme, onda vrijedi prelaz:

$$t = T + (\lambda - \lambda_0)$$

Tako je, na primjer, Zagreb (kao i cijela Jugoslavija) u zoni srednjeevropskog vremena — SEV — za koju je  $\lambda_0 = 1^h$ . Geografska duljina Zagreba (zvjezdarnice Hrv. priir. društva) je  $1^h 3^m 54,9^s$  (vidi str. 6.), pa je  $\lambda - \lambda_0 = 3^m 54^s 9$ . Prema tome bi u trenutku srednjeevropskog vremena (SEV)  $T = 14^h 27^m 35^s 0$  bilo srednje mjesno (zagrebačko) vrijeme  $t = 14^h 31^m 29^s 9$ . Za prelaz sa srednjeg mjesnog vremena  $t$  na zonsko vrijeme  $T$  vrijedi formula  $T = t + (\lambda_0 - \lambda)$ .

U našem je primjeru  $\lambda_0 - \lambda = -3^m 54^s 9$ , dakle je  $T = 14^h 31^m 29^s 9 - 3^m 54^s 9 = 14^h 27^m 35^s 0$ .

**Veza pravoga i srednjega vremena.** Tu vezu u svaki čas daje *jednadžba vremena*, t. j. broj minuta i sekunda, koje valja algebarski dodati srednjemu vremenu, da se dobije pravo vrijeme u isti čas. Dakle je *jednadžba vremena* = pravo vrijeme minus srednje vrijeme.

Prije se upotrebljavala i obratna definicija.

No kako je s obzirom na (a):

zv. vr. u neki čas =  $\alpha$  pravoga Sunca + pr. vr. u taj čas,  
zv. vr. u isti čas =  $\alpha$  srednjega Sunca + sr. vr. u taj čas,

to je:

jednadžba vremena =  $\alpha$  srednjega Sunca —  $\alpha$  pravoga Sunca.

Ako pravo Sunce prolazi meridijanom mjesta prije srednjeg Sunca, jednadžba vremena je +, ako poslije, ona je —. U godini 1952. ima

jednadžba vremena najmanju vrijednost  $-14^m 20^s$  dne 12. II., najveću +  $16^m 24^s$  dne 3. XI. Četiri se puta podudara srednje vrijeme s pravim, t. j. jednadžba vremena je nula. U godini 1952. je to između 15. i 16. IV., 13. i 14. VI., 1. i 2. IX., te 25. i 26. XII. Oko 12. II. prolazi pravo Sunce meridijanom mjesta gotovo  $\frac{1}{4}^h$  poslije srednjeg podneva, pa je u te dane poslije podne gotovo  $\frac{1}{2}^h$  dulje od prijepodneva, dok je oko 3. XI. poslije podne za više od  $\frac{1}{2}^h$  kraće od prijepodneva.

Prema tome je tijek promjene jednadžbe vremena ovaj: u januaru je jednadžba vremena negativna, (—) i pada do 12. februara, kad dosegne najmanju vrijednost; otada raste ostajući negativna do sredine aprila, kad joj je vrijednost 0. Zatim bude pozitivna (+) i raste do 14. maja; ostajući pozitivna pada opet do vrijednosti 0 (13.—14. juna), prelazi na negativne vrijednosti i pada do 26. jula; poslije toga raste ostajući negativna do vrijednosti 0 (1.—2. septembra), bude pozitivna te raste dalje do 3. novembra, kad joj je vrijednost najveća. Od toga dana opet pada ostajući pozitivna do 0 (25.—26. decembra), prelazi tada na negativne vrijednosti i pada do konca godine.

**Veza zvjezdanoga i srednjega vremena.** Srednje Sunce giba se jednoliko u nebeskom ekvatoru u smislu protivnom dnevnoj vrtnji neba, t. j. od zapada na istok, te se u svakom srednjem danu udalji od proljetne točke za  $3548^{\circ}33043'' = 0^{\circ}59'8''33043$ ; ono izvrši potpun jedan ophod u ekvatoru, t. j. prođe puni kut od  $360^{\circ} (= 1296000'')$  od  $\nabla$  do  $\nabla$  u vremenu, koje se zove *tropska godina* i koje je jednako

$$\frac{1296000}{3548^{\circ}33043''} = \frac{1}{0^{\circ}002737909} = 365.24219879 \text{ srednjih dana.}$$

Radi toga pomicanja srednjega Sunca u ekvatoru srednji je Sunčev dan za  $3^m 56^s 55536$  zv. vr. (=  $3^m 55^s 90942$  sr. vr. =  $3548^{\circ}33043$ ) dulji od zvjezdanoga dana, a za toliko m i s zv. vr. prolazi proljetna točka (a i zvijezde) svaki dan ranije meridijanom mjesta. Radi toga i pada u tijeku godine početak zvjezdanoga dana redom u sve sate srednjega Sunčeva dana.

To sve ranije dnevno prolaženje meridijanom mjesta nagomila se u

$$\frac{24^h}{3^m 56^s 55536}$$

=  $365^{\circ}24219879$  srednjih dana, t. j. u jednoj tropskoj godini, na jedan cio zvjezdani dan, tako da je broj kulminacija (na pr. gornjih) proljetne točke u tome razdoblju za 1 veći od broja kulminacija iste vrste srednjega Sunca, a tropska godina ima prema tome zvjezdanih dana za 1 više nego srednjih Sunčevih dana.

Postoji dakle ova relacija:

$$366^{\circ}24219879 \text{ zvjezdanih dana} = 365^{\circ}24219879 \text{ srednjih dana.}$$

Odavle izlazi:

$$1 \text{ zvjezdani dan} = \frac{365^{\circ}24219879}{366^{\circ}24219879} \text{ srednjega dana,}$$

ili

$$1 \text{ zvjezdani dan} = 0^{\circ}997269567 \text{ srednjega dana,}$$

$$1 \text{ srednji dan} = 1^{\circ}002737909 \text{ zvjezdanoga dana.}$$



Isto u vremenu izraženo:

$$24^h \text{ zv. vr.} = 24^h \text{ sr. vr.} - 3^m 55^s 90942 \text{ sr. vr.}$$

$$24^h \text{ sr. vr.} = 24^h \text{ zv. vr.} + 3^m 56^s 55536 \text{ zv. vr.}$$

Odatle:

$$1^h \text{ zv. vr.} = 1^h \text{ sr. vr.} - \frac{3^m 55^s 90942}{24} \text{ sr. vr.}$$

$$= 1^h \text{ sr. vr.} - 9^s 82956 \text{ sr. vr.},$$

$$1^h \text{ sr. vr.} = 1^h \text{ zv. vr.} + \frac{3^m 56^s 55536}{24} \text{ zv. vr.}$$

$$= 1^h \text{ zv. vr.} + 9^s 85647 \text{ zv. vr.}$$

Ako se dakle mora izvjestan broj  $h^m s$  zvjezdanoga vremena pretvoriti u srednje vrijeme, valja od broja  $h^m s$  zvjezdanoga vremena za svaki sat zvjezdanoga vremena (a proporcionalno i za  $m$  i  $s$  prikazane kao decimalni dijelovi sata) oduzeti  $9^s 83$ ;

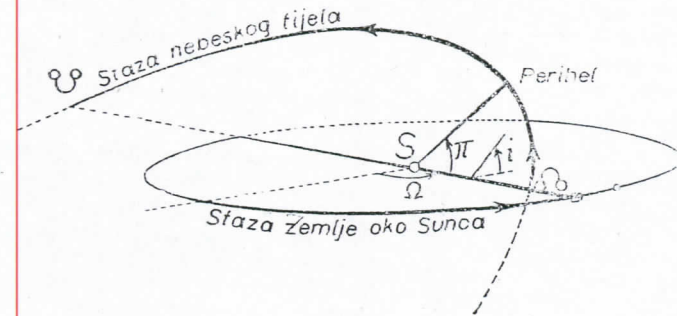
ako se mora izvjestan broj  $h^m s$  srednjega vremena pretvoriti u zvjezdano vrijeme, valja k svakome satu srednjega vremena (a proporcionalno za  $m$  i  $s$  prikazane kao decimalni dijelovi sata) dodati  $9^s 856$ .

Da se olakša taj postupak pretvaranja zvjezdanog vremena u srednje i obrnuto, dane su na str. 151. i 152. odgovarajuće tablice.

**Veza zvjezdanoga i pravoga vremena.** Ta veza izlazi iz osnovne relacije (a): zvjezdano vrijeme u izvjesnom času jednako je pravome vremenu u tom času uvećanom za prividnu rektascenziju središta pravoga Sunca u istom času, kako se vidi iz središta Zemlje (geocentrična rektascenzija).

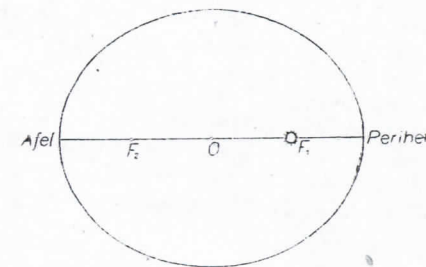
**Elementi staza Sunčeva sustava.** Za *planete* se može uzeti, da u svom gibanju oko Sunca opisuju elipse, kojima je Sunce u jednom žarištu; samo se veličine, koje određuju svaku od tih elipsa, s vremenom mijenjaju radi pertubacija, što ih na svako tijelo, koje se giba u prostoru, izvode druga svemirska tjelesa svojim privlačenjem. U elipsama se gibaju i svi *sateliti* (mjeseci) oko svojih planeta; a vjerojatno je, da i svi *kometi* u gibanju svom oko Sunca opisuju staze, koje su elipse. **Elementi eliptičke staze** jesu veličine, koje određuju elipsu. Tih elemenata ima šest: dva određuju položaj ravnine, u kojoj se nalazi staza nebeskoga tijela, druga dva određuju oblik i veličinu elipse, u kojoj se nebesko tijelo giba; daljnji nam jedan element kazuje, kako je ta elipsa u svojoj ravnini zaokrenuta, a šesti element daje čas, kada je nebesko tijelo prošlo na pr. u najvećoj blizini Sunca, t. j. kada je bilo u perihelu (za Mjesec u perigeju, za Jupiterove mjesece u perijovu i t. d.) — **Osnovna ravnina**, spram koje se ravnaju sve ostale ravnine, je **ravnina ekliptike**, u kojoj leži i spojnica središta Sunčeva sa proljetnom točkom, t. zv. **ekvinokcijalni pravac**. — Svaka staza nebeskoga tijela presijeca ravninu ekliptike u dvije točke, koje se zovu **čvorovi**. Onaj čvor, u kom staza presijeca ravninu ekliptike, dolazeći iz prostora južno od ravnine ekliptike u prostor sjeverno od nje, zove se **uzlazni čvor**, dok kod prelaza iz prostora sjeverno od ravnine ekliptike u prostor južno od nje siječe staza ekliptiku u **silaznom čvoru**. — **Položaj ravnine**, u kojoj leži staza nebeskoga tijela,

određuju dva elementa: 1.  $\Omega$  — **dužina uzlaznoga čvora**, t. j. kut, koji zatvara spojnica obaju čvorova s ekvinokcijalnim pravcem (sl. 6.); broji se u ekliptici počevši od ekvinokcijalnog pravca od  $0^\circ$ — $360^\circ$  u smislu



Sl. 6.

gibanja Zemlje 2.  $i$  — **priklon ravnine staze** nebeskoga tijela spram ravnine ekliptike; definira se onako, kako geometrija definira prklon dviju ravnina, a broji se od ekliptike počevši od  $0^\circ$ — $180^\circ$ . Kut priklona definira se prije i tako, da je uvijek bio manji od  $90^\circ$ , samo je smjer gibanja dobio tad oznaku: direktan ili retrogradan prema tome, da li se podudara sa smjerom gibanja Zemlje ili je bio suprotan. Uz prvu definiciju sva su gibanja direktna. **Oblik i veličinu staze** tijela određuju: 3.  $a$  — **srednja daljina nebeskoga tijela od Sunca ili polovina velike osi elipse**, u kojoj se nebesko tijelo kreće; mjeri se **astronomskom jedinicom za duljine**, koja je gotova jednaka srednjoj daljini Zemlje od Sunca, a definira se kao radij kružne staze, što bi je oko Sunca opisalo tijelo mase



Sl. 7.

0 za  $365^d 256^h 898^m$ ; 4.  $e$  — **ekscentricitet staze**, t. j. kvocijent daljine žarišta od središta elipse i polovine velike osi te elipse. — **Smještaj eliptičke staze** u njenoj ravnini određuje: 5.  $\omega$  — **duljina perihela**; to je broj od dva kuta, od duljine uzlaznoga čvora  $\Omega$  i kuta  $\pi$ , koji čini velika os (pravac apsida) s pravcem, koji spaja oba čvora ( $\omega = \Omega + \pi$ ). Taj se

kut broji najprije u ravnini ekliptike od ekvinokcijalnoga pravca do čvora, i dalje u ravnini staze u smislu gibanja nebeskoga tijela. — Napokon valja znati, u kojoj se točki svoje staze nalazi nebesko tijelo u izvjesni čas. Za to se daje: 6. čas prolaza perihelom ili  $L$  srednja duljina planeta u određenom trenutku (u Boškoviću za trenutak 1950,0) a povrhu toga i promjenu za godinu dana. Često se još navodi *ophodno vrijeme*  $T$ , t. j. vrijeme, što proteče, dok se nebesko tijelo vrati u točku svoje staze, iz koje je pošlo, i *srednje gibanje*  $n = 2\pi : T$ .

**Galaktički koordinatni sustav.** U novije doba pri proučavanju rasporeda zvijezda sve se više upotrebljava koordinatni sustav u neposrednijoj vezi sa skupom zvijezda. Taj je skup, u kome se nalazi zajedno sa Suncem i naša Zemlja, poznat kao sustav *Kumovske Slame* ili *Galaktike*. U stvari mi vidimo ostale pripadnike tog skupa kao svijetli pojas na nebu, kao Kumovsku Slamu. Ravnina simetrije Kumovske Slame (Galaktike) uzima se kao osnovna ravnina koordinatnog sustava, koji se stoga zove *galaktički koordinatni sustav*. Budući da je Kumovska Slama donekle nepravilni pojas, određena je ravnina simetrije približno i kao sjeverni pol te galaktičke ravnine uzima se točka s ekvatorskim koordinatama  $\alpha = 12^{\text{h}} 40^{\text{m}}$  i  $\delta = +28^{\circ}$ . Da se ukloni promjenljivost te točke među zvijezdama uslijed precesije, uzimaju se te ekvatorske koordinate vezane za srednji ekvinokcij u trenutku 1900,0. Prema tome zaklapa galaktička ravnina s ekvatorom epohe 1900,0 kut nagiba od  $62^{\circ}$ . Položaj neke točke na nebeskoj sferi određen je u galaktičkom sustavu *galaktičkom duljinom* ( $G$  ili po nekima  $l$ ) i *galaktičkom širinom* ( $g$  ili po nekima  $b$ ). Galaktička duljina neke točke je kut između ravnine položene tom točkom i galaktičkim polovima i ravnine položene presjecištem galaktičke ravnine i ekvatora i galaktičkim polovima. Kao početak uzima se ono presjecište, u kojem, idući u smjeru godišnjeg kretanja Sunca, prelazi galaktička ravnina s južne na sjevernu hemisferu. Galaktička se duljina broji od  $0^{\circ}$  do  $360^{\circ}$  u smjeru godišnjeg kretanja Sunca (direktnom). Galaktička širina neke zvijezde je kut između smjera prema toj zvijezdi i galaktičke ravnine, brojeći ga od galaktičke ravnine prema sjevernom galaktičkom polu od  $0^{\circ}$  do  $+90^{\circ}$  i od galaktičke ravnine prema južnom galaktičkom polu od  $0^{\circ}$  do  $-90^{\circ}$ . Budući da je galaktička ravnina neovisna o bilo kojim poznatim kretanjima Zemlje i zvijezda, a ekvator je fiksiran na epohu 1900,0 to na galaktičke koordinate ne utječe dnevno kretanje Zemlje, ni kretanje njene osi.

## UPOTREBA EFEMERIDA

*Osnovni meridijan u efemeridama je meridijan Greenwicha. Vrijeme, ako nije izriječno drukčije spomenuto, jest svjetsko vrijeme, t. j. srednje Sunčevo vrijeme meridijana Greenwicha. Brojenje sati i datiranje ide od 0h do 24h, gdje je 0h = srednja ponoć (u Greenwihu), 12h = srednje podne (u Greenwihu).*

### NA LIJEVOJ (PARNOJ) STRANI U SVAKOM MJESECU

Na tim stranama dane su efemeride Sunca, sa slijedećim podacima:

1. Datum u mjesecu naveden je u prvom stupcu.
2. U drugom i trećem stupcu nalaze se rektascenzija i deklinacija Sunca u 0h svjetskog vremena, t. j. ekvatorske koordinate središta pravoga Sunca, kako bi se vidjelo iz središta Zemlje (geocentričke koordinate); one su prividne i mjerene od prave proljetne točke dotičnoga časa, dakle onakove, kakove ih daju opažanja. Rektascenzija i deklinacija za koji drugi čas svjetskog vremena ili koji drugi meridijan dobivaju se interpolacijom iz navedenih podataka.

*Primjeri:* 1. Neka se nađe prividna rektascenzija središta Sunca dne 16. juna 1952. u  $14^{\text{h}} 27^{\text{m}} 35^{\text{s}} 0$  srednjeevropskog vremena.

U Greenwihu je u istom času  $14^{\text{h}} 27^{\text{m}} 35^{\text{s}} 0 - 1^{\text{h}} = 13^{\text{h}} 27^{\text{m}} 35^{\text{s}} 0 = 0^{\text{d}} 56083$  (vidi tablicu za pretvaranje satova, minuta i sekunda u decimalne dijelove dana na str. 153!), i za taj čas treba naći rektascenziju Sunca.

Imamo: 16. VI. 1952. u 0h svj. vr. rekt. Sunca =  $5^{\text{h}} 37^{\text{m}} 15^{\text{s}} 3$   
 17. VI. 1952. u 0h svj. vr. rekt. Sunca =  $5^{\text{h}} 41^{\text{m}} 24^{\text{s}} 8$   
4m 09s5

Za jedan dan naraste dakle rektascenzija Sunca za  $4^{\text{m}} 09^{\text{s}} 5$ , a za  $0^{\text{d}} 56083$  naraste za  $(4^{\text{m}} 09^{\text{s}} 5) \times 0^{\text{d}} 56083 = 2^{\text{m}} 19^{\text{s}} 9$ .

Dodavši (jer rektascenzija raste) taj iznos rektascenziji od 16. VI. u 0h, dobije se tražena rektascenzija:  $5^{\text{h}} 39^{\text{m}} 35^{\text{s}} 2$ .

2. Neka se nađe prividna deklinacija središta Sunca dne 22. februara 1952. u  $9^{\text{h}} 0^{\text{m}} 0^{\text{s}}$  srednjeg mjesnog vremena u mjestu geografske duljine  $\lambda = +7^{\text{h}} 30^{\text{m}}$ .

U Greenwihu je u istom času  $9^{\text{h}} 0^{\text{m}} + 7^{\text{h}} 30^{\text{m}} = 16^{\text{h}} 30^{\text{m}}$  sr. vr. =  $0^{\text{d}} 68750$  i za taj čas treba naći deklinaciju Sunca.

22. II. 1952. u 0h svj. vr. je deklinacija Sunca =  $-10^{\circ} 39' 18''$   
 23. II. 1952. u 0h svj. vr. je deklinacija Sunca =  $-10^{\circ} 17' 33''$

21' 45"

Za jedan dan naraste dakle deklinacija za  $21' 45''$ , a za  $0^{\text{d}} 68750$  naraste za  $(21' 45'') \times 0^{\text{d}} 68750 = 14' 57''$ .

Dodavši (jer ovdje deklinacija raste) taj iznos deklinaciji od 22. II. u 0h, dobije se tražena deklinacija,  $-10^{\circ} 24' 21''$ .



3. U četvrtom stupcu dana je duljina Sunca u greenwichku ponoć, t. j. jedna od ekliptičkih koordinata središta pravoga Sunca; računata je bez aberacije, te mjerena od srednje proljetne točke u času 1952'0. Druga ekliptička koordinata, prividna širina Sunca, uvijek je malena i doseže jedva + ili -1". Duljina u drugom kojem času ili u drugom meridijanu nalazi se interpolacijom slično kao u točki 2.

4. U petom stupcu navedeno je zvjezdano vrijeme u 0<sup>h</sup> svjetskog vremena. Ta veličina treba kod pretvaranja zvjezdanog vremena u srednje vrijeme i obrnuto. Kod toga pretvaranja služimo se tablicama iz V. dijela.

Primjeri: 1) koliko je srednjeevropsko vrijeme dne 10. X. 1952. u 6<sup>h</sup> 48<sup>m</sup> 03<sup>s</sup>9 zvjezdanog vremena u Zagrebu (geografska duljina  $\lambda = -1^{\text{h}} 03^{\text{m}} 56^{\text{s}}0$ )?

	h	m	s	
10. X. 1952. zvjezdano vrijeme u Zagrebu	6	48	03'9	
Prelaz na meridijan Greenwicha	-1	03	56'0	
Zvjezdano vrijeme u Greenwichu u tom času	5	44	07'9	
Zvjezdano vrijeme u Greenwichu prošle ponoći	1	14	09'3	(efemeride!)
Zvjezdano vrijeme proteklo od ponoći	4	29	58'6	
Ekvivalentno srednje vrijeme u Greenwichu	4	29	14'4	(tablice str. 151!)
Prelaz na meridijan zone	+1	00	00'0	dne
Traženo srednjeevropsko vrijeme	5	29	14'4	10. X. 1952.

2) Koliko je zvjezdano vrijeme u Zagrebu dne 10. X. 1952. u 5<sup>h</sup> 29<sup>m</sup> 14<sup>s</sup>4 srednjeevropskog vremena (geografska duljina Zagreba  $\lambda = -1^{\text{h}} 03^{\text{m}} 56^{\text{s}}0$ )?

	h	m	s	
10. X. 1952. srednjeevropsko vrijeme	5	29	14'4	
Prelaz na meridijan Greenwicha	-1	00	00'0	
Srednje vrijeme u Greenwichu u tom času	4	29	14'4	
Ekvivalentno zvjezdano vrijeme u Greenwichu	4	29	58'6	
Zvjezdano vrijeme u Greenwichu prošle ponoći	1	14	09'3	
Zvjezdano vrijeme u Greenwichu u zadani čas	5	44	07'9	
Prelaz na meridijan Zagreba	+1	03	56'0	dne
Traženo zvjezdano vrijeme u Zagrebu	6	48	03'9	10. X. 1952.

5. U šestom stupcu dolazi jednadžba vremena, koja kazuje, koliko je minuta i sekunda pravog vremena u srednju ponoć Greenwicha (0<sup>h</sup> svjetskog vremena). Na pr. 16. januara, kad je jednadžba vremena u 0<sup>h</sup> svj. vr. -9<sup>m</sup> 22<sup>s</sup>7, bit će prava ponoć u Greenwichu 9<sup>m</sup> 22<sup>s</sup>7 poslije srednje ponoći t. j. pravo će Sunce proći ispod horizonta meridijanom Greenwicha poslije srednjeg Sunca. Ili 15. septembra, kad je jednadžba vremena u 0<sup>h</sup> svj. vr. +4<sup>m</sup> 40<sup>s</sup>2, bila je prava ponoć u Greenwichu 4<sup>m</sup> 40<sup>s</sup>2 prije srednje ponoći t. j. pravo je Sunce prošlo ispod horizonta meridijanom Greenwicha prije srednjeg Sunca.

Jednadžba vremena neovisna je o mjestu opažanja.

Pri upotrebi jednadžbe vremena treba paziti na to, da je ona u našim efemeridama definirana kao razlika: pravo minus srednje vrijeme. Tako se danas ponajviše radi, dok je prije bilo upravo obratno, što mijenja predznak jednadžbi vremena.

Budući da se jednadžba vremena neprekidno mijenja sa vremenom, valjat će za svaki čas različan od srednje ponoći u Greenwichu i za svaki meridijan različan od meridijana Greenwicha naći vrijednost jednadžbe vremena interpolacijom na temelju vrijednosti za 0<sup>h</sup> svjetskog vremena.

Primjeri: 1) koliko je pravo vrijeme u Zagrebu (geografska duljina  $\lambda = -1^{\text{h}} 03^{\text{m}} 56^{\text{s}}0$ ) 16. I. 1952. u 17<sup>h</sup> 19<sup>m</sup> 50<sup>s</sup>0 srednjeevropskog vremena?

17<sup>h</sup> 19<sup>m</sup> 50<sup>s</sup>0 SEV = 17<sup>h</sup> 19<sup>m</sup> 50<sup>s</sup>0 + 3<sup>m</sup> 56<sup>s</sup>0 = 17<sup>h</sup> 23<sup>m</sup> 46<sup>s</sup>0 srednjeg vremena u Zagrebu = 16<sup>h</sup> 19<sup>m</sup> 50<sup>s</sup>0 = 0<sup>d</sup>68044 sr. vr. u Greenwichu u tom času, za koji treba naći jednadžbu vremena na dan 16. I. 1952.:

	h	m	s
Jednadžba vremena 16. I. 1952. u 0 <sup>h</sup> svj. vr.	- 0	09	22'7
Jednadžba vremena 17. I. 1952. u 0 <sup>h</sup> svj. vr.	- 0	09	43'7
Prirast za jedan dan	-	-	21'0
Prirast za 0'68044 dana	-	-	14'3
Jednadžba vr. u traženi čas -9 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> 7 - 14 <sup>s</sup> 3	-	09	37'0
Srednje vrijeme u Zagrebu u traženi čas	17	23	46'0
Traženo pravo vrijeme	17	14	09'0

2. Iz opažanja pravog Sunca nađeno je 15. IX. 1952. u mjestu geografske duljine  $\lambda = +2^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00^{\text{s}}0$  pravo mjesno vrijeme 6<sup>h</sup> 22<sup>m</sup> 14<sup>s</sup>0. Koliko je u tom času srednje mjesno vrijeme?

U tom času je u Greenwichu 6<sup>h</sup> 22<sup>m</sup> 14<sup>s</sup>0 + 2<sup>h</sup> 00<sup>m</sup> 00<sup>s</sup>0 = 8<sup>h</sup> 22<sup>m</sup> 14<sup>s</sup>0 = 0<sup>d</sup>34877 pravog vremena 15. IX. 1952. za koji čas treba naći jednadžbu vremena.

	h	m	s
Jednadžba vremena 15. IX. 1952. u 0 <sup>h</sup> svj. vr.	+ 0	04	40'2
Jednadžba vremena 16. IX. 1952. u 0 <sup>h</sup> sv. vr.	+ 0	05	01'4
Prirast za jedan dan	+	-	21'2
Prirast za 0'34877 dana	+	-	7'4
Jednadžba vr. u traženi čas: 4 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> 2 + 7 <sup>s</sup> 4	+	4	47'6
Pravo vrijeme u traženi čas	6	22	14'0
Traženo srednje mjesno vrijeme	6	17	26'4

U ovom slučaju mora se od zadanog pravog vremena oduzeti jednadžba vremena u traženi čas, jer je po definiciji: »jednadžba vremena = pravo vrijeme - srednje vrijeme«.

Napomena: Zapravo bismo u ovom primjeru morali uzimati jednadžbu vremena ne u srednju ponoć (0<sup>h</sup> svj. vr.), nego u pravu ponoć. No ta je razlika vrlo malena: tokom onih 4<sup>m</sup> 40<sup>s</sup>2 = 0<sup>d</sup>003 promjena jednadžbe vremena je 21'2 × 0'003 = 0<sup>s</sup>064; za taj iznos se mijenja naš rezultat. Najveća vrijednost te korekcije iznosi oko 0<sup>s</sup>2, te se ponajčešće može zanemariti.

6. U sedmom i osmom stupcu nalaze se časovi izlaza i zalaza Sunca u Zagrebu u srednje-evropskom vremenu. To su ujedno (na minutu točno) i mjesna vremena izlaza i zalaza Sunca u svim mjestima sa geografskom širinom blizu 46° sjeverne širine. Ali ako hoćemo imati ta vremena izražena u srednjeevropskom vremenu, treba ta mjesna vremena korigirati za razliku geografskih duljina tog mjesta prema zagrebačkom meridijanu. Ta se razlika, izražena u vremenu, lako dobije prema popisu geografskih koordinata na kraju ovih efemerida.



*Primjer:* U koliko sati po SEV izlazi u Bjelovaru Sunce dne 29. XI. 1952? Geografska širina Bjelovara je  $\varphi = 45^{\circ} 53' 56'' \approx 45^{\circ} 48' 58''$ , što je širina Zagreba (okruglo  $46^{\circ}$ ). Razlika srednje-evropskog i mjesnog vremena u Bjelovaru je  $-7^m 23^s 2$ , u Zagrebu  $-3^m 56^s 0$ , dakle je Bjelovar za  $3^m 27^s 2$  istočnije od Zagreba, i za toliko ranije u njemu Sunce izlazi:  $7^h 14^m - 3^m 45 \approx 7^h 11^m$ .

Za mjesta sa geografskom širinom različnom od  $46^{\circ}$  mijenjaju se mjesna vremena izlaza i zalaza Sunca, no u krajnjem slučaju na sjevernoj granici naše države do  $8^m$ , na južnoj do  $13^m$ . Točniji račun za ma koje mjesto može se izvesti na temelju opsežnijih tablica, koje se nalaze u većim astronomskim godišnjacima.

Ispod crte nalaze se (za svakih 10 dana u mjesecu):

- Horizontalna ekvatorska paralaksa Sunca u  $0^h$  svj. vr.
- Daljina Sunca od Zemlje u  $0^h$  svj. vr., ili radijvektor središta Sunca, izražen u astronomskim jedinicama ( $= 149\,500\,000$  km).
- Prividni polumjer Sunca u  $0^h$  svj. vr., pomoću kojeg se opažanja ruba Sunca svode na središte Sunca.
- Precesija u duljini u  $0^h$  svj. vr., t. j. broj sekunda, koje treba dodati duljini točke na ekliptici mjerenoj od srednje proljetne točke u kojem god drugom času godine.
- Nutacija u duljini u  $0^h$  svj. vr., t. j. broj sekunda, koje treba dodati algebarski duljinama mjenjenim od srednje proljetne točke u izvjesnom času, da se dobiju duljine mjerene od prave proljetne točke u tom času.
- Aberacija Sunca u  $0^h$  svj. vremena, t. j. broj sekunda, koje treba dodati prividnoj duljini Sunca, da se dobije prava duljina Sunca.

*Primjer:* Neka se nađe prividna duljina Sunca, mjerena od prave proljetne točke u  $0^h$  svj. vr. dne 11. IV. 1952., ako duljina Sunca u tom času, mjerena od srednje proljetne točke za 1952.0 iznosi:  $21^{\circ} 02' 49'' 0$ .

Zadana duljina Sunca		$21^{\circ} 02' 49'' 0$
precesija	+	$13'' 8$
nutacija	+	$8'' 2$
abercija	-	$20'' 4$
Tražena prividna duljina Sunca		$21^{\circ} 02' 50'' 6$

## NA DESNOJ (NEPARNOJ) STRANI U SVAKOM MJESECU

Na tim stranama dane su efemeride Mjeseca i velikih planeta:

- Datum u mjesecu, u prvom stupcu.
- U drugom i trećem stupcu navedeni su časovi izlaza i zalaza Mjeseca u Zagrebu u srednje-evropskom vremenu. Prijelaz na mjesta druge geografske širine i duljine je mnogo zamršeniji nego kod Sunca, te su za nj potrebne opsežnije tablice, koje se nalaze u većim astro-

nomskim godišnjacima. Ipak u granicama Jugoslavije razlika u vremenima izlaza i zalaza Mjeseca prema Zagrebu ne premašuje četvrt sata, a s obzirom na neravni horizont u većini mjesta to je za prvu, grubu orijentaciju dovoljna točnost.

- U četvrtom stupcu navedeno je svjetsko vrijeme u času gornje kulminacije središta Mjesečeve ploče. Horizontalni potez u pojedini dan na pr. (10. IV. 1952.) naznačuje dan, u koji Mjesec ne prolazi meridijanom Greenwicha u gornjoj kulminaciji; to se događa zato, što je Mjesečev dan dulji od srednjeg Sunčeva dana za nekih  $50^m$ . Vrijeme kulminacije Mjeseca važno je kod određivanja plime i oseke.
- U petom stupcu je promjena za  $1^h$  duljine vremena kulminacije Mjeseca u drugim meridijanima. Da se nađe vrijeme gornje kulminacije u mjestu geografske duljine  $\lambda$ , izražene u satima i decimalnim dijelovima sata, pomnoži se  $\lambda$  sa tom promjenom za  $1^h$  duljine i produkt se oduzme od vremena gornje kulminacije u Greenwicu, ako je duljina istočna od Greenwicha, a pribroji ako je zapadna.

*Primjer:* Neka se nađe vrijeme gornje kulminacije središta Mjesečeve ploče u Zagrebu ( $\lambda = -1^h 06^m$ ) dne 15. III. 1952.

15. III. 1952. kulminacija u Greenwicu	$2^h 29^m 5$
Promjena za $1^h$ duljine	$2^m 02$
Korekcija za Zagreb: $2^m 02 \times (-1^h 06^m)$	$-2^m 2$
15. III. 1952. kulminacija u Zagrebu	$2^h 27^m 3$

- Sesti stupac sadrži starost Mjeseca u  $0^h$  svj. vr. t. j. vrijeme proteklo od mlađa, izraženo u danima i decimalnim dijelovima dana.
- Preostali stupci donose za svakih 10 dana u mjesecu efemeride velikih planeta, i to: geocentričke koordinate, za Pluton 1950.0, daljinu od Zemlje u astronomskim jedinicama, prividni polumjer planeta gledan sa Zemlje, za Jupiter i Saturn priv. polarni polumjer, te vrijeme kulminacije planeta u Greenwicu po srednjem vremenu. Pomoću ovog posljednjeg podatka i tablice polednevnikova na str. 150. u V. dijelu mogu se naći približna vremena izlaza i zalaza planeta za ma koje mjesto i doba godine.

Ispod crte nalaze se sljedeći podaci:

- Mijene Mjeseca u srednje-evropskom vremenu,
- Čas, kad je Mjesec u perigeju i apogeju, te u tom času horizontalna paralaksa i prividni polumjer.

Na kraju efemerida navedeni su za svaki treći dan u godini elementi za fizička opažanja Sunca, Carringtonove rotacije Sunca, te prividni priklon ekliptike prema ekvatoru u  $0^h$  svjetskog vremena za svaki prvi dan u mjesecu. U efemeridama elemenata za fizička opažanja Sunca znače: P = kut priklona rotacione osi Sunca, računat od sjeverne točke Sunčeve ploče prema istoku; B = heliografska širina centra ploče,  $L_0$  = heliografska duljina centra ploče. Heliografske duljine računaju se od onog meridijana Sunca kao početnog, koji je prošao uzlaznim čvorom Sunčeva ekvatora na ekliptici u srednje-greenwichko podne 1. januara 1854. — Carringtonove rotacije započele su 9. novembra 1853. Ovi su podaci potrebni pri opažanju Sunčevih pjega.

Slijede zatim podaci o pomrčinama Sunca i Mjeseca, o pojavama kod četiriju velikih Jupiterovih satelita i njihovim položajima, te kartama zvjezdanoga neba za svaki mjesec sa osobitim pojavama u Sunčevu sustavu. Karte vrijede za dotični mjesec 1. u 21 sat, ili 15. u 20 sati ili 30. u 19 sati.

Na kraju su priložene četiri karte, na kojima se vidi, kako će se u toku 1952. godine kretati planeti Mars, Jupiter, Saturn i Uran među zvijezdama. Na svakoj je karti označen položaj planeta svakog prvog u mjesecu, a kod Jupitera je kružićem bez datuma označen i njegov položaj u sredini mjeseca. Dio staze označen točkicama predstavlja položaje planete, kad su vrlo blizu Sunca, pa nisu u povoljnom položaju za opažanje.

#### IV. ASTRONOMSKE KONSTANTE I PODACI

## I. ASTRONOMSKE KONSTANTE\*)

Dužina godine:	Tropska godina	$365^d 24219879 - 0^d 0000000614 \cdot t$
	Siderična godina	$365^d 25636042 + 0^d 0000000011 \cdot t$
	Anomalistička godina	$365^d 25964134 + 0^d 0000000304 \cdot t$
	Julijanska godina	$365^d 25$
Dužina mjeseca:	Tropski mjesec	$27^d 3215816 = 27^d 7^h 43^m 4^s 61$
	Siderični mjesec	$27^d 3216609 = 27^d 7^h 43^m 11^s 51$
	Anomalistički mjesec	$27^d 5545502 = 27^d 13^h 18^m 33^s 16$
	Drakonički mjesec	$27^d 2122178 = 27^d 5^h 53^m 5^s 80$
	Sinodični mjesec	$29^d 5305881 = 29^d 12^h 44^m 2^s 78$
Dužina dana:	zvjezdani dan	$\left\{ \begin{array}{l} 24^h 00^m 00^s 0 \text{ zvjezdanog vremena} \\ 23^h 56^m 04^s 0906 \text{ srednjeg vremena} \\ 0^d 99726 9567 \text{ srednjih dana} \end{array} \right.$
	srednji dan	$\left\{ \begin{array}{l} 24^h 03^m 56^s 5553 \text{ zvjezdanog vremena} \\ 24^h 00^m 00^s 0 \text{ srednjeg vremena} \\ 1^d 00273 7909 \text{ zvjezdanih dana} \end{array} \right.$
	U julijanskoj godini: U tropskoj godini: U danu:	
Broj satova	8 766	8 765 813
Broj minuta	525 960	525 948 77
Broj sekunda	31 557 600	31 556 926 0
		86 400
Opće konstante:		
Gaussova konstanta	$k = 0^{\circ} 017202099$	$\log k = 8^{\circ} 23558 14414 \cdot 10$
gravitacije	$k'' = 3548^{\circ} 18761$	$\log k'' = 3^{\circ} 55000 65746$
Konstanta gravitacije po astronomskim mjerjenjima		$6^{\circ} 670^{\circ} 70^{-8} \text{ c.g.s.}$
Brzina svijetla po astronomskim mjerjenjima		$299 860 \pm 30 \text{ km sec}^{-1}$
Konstanta aberacije		$20^{\circ} 47^s$
Aberaciono vrijeme		$498^{\circ} 57^s$
Opća precesija		$50^{\circ} 25641 + 0^{\circ} 00022229 \cdot t$
Precesija u rektascenziji		$46^{\circ} 08506 + 0^{\circ} 00027945 \cdot t$
		$= 3^{\circ} 07234 + 0^{\circ} 0000186 \cdot t$
Precesija u deklinaciji		$20^{\circ} 04685 - 0^{\circ} 00008533 \cdot t$
Konstanta nutacije		$9^{\circ} 210$
Priklon ekvatora i ekliptike		$\varepsilon = 23^{\circ} 27' 8'' 26 - 0^{\circ} 46844 \cdot t$

(\*) U formulama znači  $t$  broj godina, proteklih poslije 1. januara 1900.

## 2. ASTRONOMSKI PODACI O SUNCU

Prividni promjer: najmanji	$31' 27''$
srednji	$31' 59'' 26$
najveći	$32' 32''$
Pravi promjer: u linearnoj mjeri	$1 391 106 \text{ km}$
u Zemljinim promjerima	$109^{\circ} 04'$
Površina: u Zemljinim površinama	$11 900$
Obujam: u Zemljinim obujmovima	$1 300 000$
Masa: u gramima	$1^{\circ} 98.10^{23} \text{ g}$
u Zemljinim masama	$333432$
Srednja gustoća: prema vodi	$1^{\circ} 41$
prema gustoći Zemlje	$0^{\circ} 256$
Teža na ekvatoru: prema teži na ekvatoru Zemlje	$28$
Akceleracija prostog pada	$273^{\circ} 8 \text{ m sec}^{-2}$
Trajanje rotacije na ekvatoru	$25^{\circ} 438$
Priklon ekvatora prema ekliptici	$7^{\circ} 10' 5''$
Duljina uzlaznog čvora Sunčeva ekvatora prema ekliptici	$73^{\circ} 48' 375$
Horizontalna ekvatorska paralaksa Sunca	$8'' 80$
Srednji period Sunčevih pjega	$11^{\circ} 1 \text{ godina}$
Prividna (zvjezdana) veličina Sunca	$-26^{\circ} m7$
Apsolutna (zvjezdana) veličina Sunca	$+ 4^{\circ} m85$

## 3. ASTRONOMSKI PODACI O ZEMLJI

Oblik: Ekvatorski polumjer	$a = 6378^{\circ} 3880 \text{ km}$
Polarni polumjer	$b = 6356^{\circ} 9120 \text{ km}$
Sploštenost $c = \frac{a-b}{a}$	$c = \frac{1}{297^{\circ} 0}$
Logaritam polumjera	$\log \frac{r}{a} =$
	$= 9^{\circ} 9992695 + 0^{\circ} 0007324 \cos 2\varphi - 0^{\circ} 0000019 \cdot \cos 4\varphi$
Redukcija geografske na geocentričnu širinu	
	$\varphi' - \varphi = -11^{\circ} 35' 66'' \sin 2\varphi + 1'' 17 \sin 4\varphi$
Duljina luka $1^{\circ}$ geografske širine	$111^{\circ} 136 - 0^{\circ} 562 \cos 2\varphi \text{ km}$
Duljina luka $1^{\circ}$ geografske duljine	$111^{\circ} 417 \cos \varphi - 0^{\circ} 094 \cos 3\varphi \text{ km}$
Veličina i masa:	
Ekvatorski opseg Zemlje	$40 076^{\circ} 594 \text{ km}$
Četvrtina duljine meridijana	$10 002^{\circ} 288 \text{ km}$
Površina Zemlje	$510 101 000 \text{ km}^2$
Obujam Zemlje	$1083 320 000 000 \text{ km}^3$
Polumjer kugle iste površine i obujma kao Zemlja	$6371^{\circ} 2 \text{ km}$
Masa Zemlje	$5^{\circ} 98.10^{27} \text{ g}$
Srednja gustoća prema vodi	$5^{\circ} 517$
Akceleracija sile teže na razini mora $g = 978^{\circ} 0490 + 5^{\circ} 1723 \sin^2 \varphi$	
Duljina sekundnog njihala na moru	$l = 0^{\circ} 99097 + 0^{\circ} 00525 \sin^2 \varphi$
(vakuum)	



Gibanje Zemlje:

Srednja udaljenost od Sunca . . . . .	149 504 217 km
Srednja godišnja brzina . . . . .	29'763 km sec <sup>-1</sup>
Brzina točke na ekvatoru kod rotacije . . . . .	465 m sec <sup>-1</sup>
Brzina Zagreba kod rotacije . . . . .	324 m sec <sup>-1</sup>
Put Zemlje na stazi oko Sunca u 1 minuti . . . . .	1786 km
Put Zemlje na stazi oko Sunca u 1 satu . . . . .	107 150 km
Put Zemlje na stazi oko Sunca u 1 danu . . . . .	2 572 000 km
Put Zemlje na stazi oko Sunca u 1 godini . . . . .	930 250 000 km
Najveća dužina Zemljine sjene . . . . .	220'563 a = 1406 836 km
Najmanja dužina Zemljine sjene . . . . .	213'302 a = 1360 521 km

4. ASTRONOMSKI PODACI O MJESECU

Prividni promjer: najmanji . . . . .	29' 28"
srednji . . . . .	31' 7"20
najveći . . . . .	33' 21"
Pravi promjer: u linearnoj mjeri . . . . .	3473'2 km
u Zemljinih promjerima . . . . .	0'272274
Površina: u Zemljinih površinama . . . . .	0'07429 = 1/13'46
Obujam: u Zemljinih obujmovima . . . . .	0'02025 = 1/49'38
Masa: u Zemljinih masama . . . . .	0'01227 = 1/81'53
Srednja gustoća: prema vodi . . . . .	3'33
prema gustoći Zemlje . . . . .	0'606
Teža na ekvatoru: prema teži na ekvatoru Zemlje . . . . .	0'166 = 1/6'02
Akceleracija prostog pada . . . . .	1'6 m sec <sup>-2</sup>
Siderično ophodno vrijeme perigeja Mjesečeva . . . . .	3232'd6
Siderično ophodno vrijeme čvorova Mjesečevih . . . . .	6793'd5
Priklon ekvatora prema ekliptici . . . . .	1° 32' 06"
Vrijeme, koje svjetlost treba da stigne sa Mjeseca . . . . .	1'25
Horizontalna ekvatorska paralaksa Mjeseca . . . . .	57' 2"70
Libracija: u širini . . . . .	6° 50'
u duljini . . . . .	7° 54'
Nevidljiva površina . . . . .	0'410
Prividna veličina punog Mjeseca . . . . .	— 12'm6
Sferni albedo . . . . .	0'07
Srednja brzina gibanja oko Zemlje . . . . .	1'02 km sec <sup>-1</sup>
Dnevno kutno gibanje (srednje) . . . . .	13° 10' 35"06
Najveća duljina Mjesečeve sjene . . . . .	59'808 a = 381 482 km
Najmanja duljina Mjesečeve sjene . . . . .	57'527 a = 366 926 km

5. ELEMENTI STAZA SUNČEVA SUSTAVA

ZNAK I IME PLANETA	Srednja daljina od Sunca a		Siderična revolucija u tropskim godinama T	Ekcentri- citet e	Priklon prema ekliptici i	Duljina uzlaznog čvora Ω	Duljina perihela π	Srednja duljina za 1950'0 L	Promjena u 1 julijan. godini = 365'25d
	u astronom. jedinicama	u milijunima km							
☿ MERKUR	0'387 089	57'86	0'24085	0'205 625	0' 00' 13'7	0' 47' 44' 19'1	0' 76' 40' 39'2	0' 36' 33' 33'9	1494'7407
♀ VENERA	0'723 331	108'13	0'61521	0'006 797	3' 23' 38'9	76' 13' 46'6	130' 52' 03'5	83' 02' 23'5	583'1920
⊕ ZEMLJA	1'000 000	149'50	1'00004	0'016 730	—	—	102' 04' 50'1	100' 29' 55'1	360'0077
♂ MARS	1'523 688	227'79	1'85089	0'093 339	1' 51' 0'0	49' 10' 19'1	835' 08' 10'1	144' 48' 33'4	191'4170
♃ JUPITER	5'202 803	777'82	11'86223	0'048 418	1' 18' 21'2	99' 56' 48'5	13' 31' 06'3	315' 11' 39'5	80'3630
♄ SATURN	9'538 843	1426'05	29'45772	0'055 715	2' 29' 25'1	113' 13' 14'4	92' 04' 12'8	158' 19' 20'9	12'2351
♅ URAN	19'190 978	2869'05	84'01529	0'047 021	0' 46' 22'7	73' 44' 23'7	169' 47' 27'8	98' 18' 18'2	4'2986
♆ NEPTUN	30'070 672	4495'57	164'78829	0'008 537	1' 46' 28'1	131' 13' 42'3	44' 28' 03'1	194' 58' 25'1	2'1989
♇ PL PLUTON	39'457 43	5898'89	247'6968	0'248 6	17' 09	109' 88	223' 31	165' 37	1'47

6. PODACI O VELIKIM PLANETIMA

PLANETA	Sino- dička revo- lucija u danima	Tra- janje rota- cije	Masa		Ekvatorski promjer			Sposobnost	Priklon ekva- tora prema stazi planeta	Sferni albedo	Najveća pri- vidna veličina	Broj sate- lita
			Sumćeva masa = 1	Zemljina masa = 1	u km	Prividni						
						Zemlja = 1	Najveći					
MERKUR	115.88	88 (?)	$\frac{1}{6120000}$	0.054	4800	0.38	12	5	?	0.07	m -1.2	0
VENERA	583.02	225 (?)	$\frac{1}{408645}$	0.814	12200	0.96	66	10	?	0.59	-4.3	0
ZEMLJA	—	365.256	$\frac{1}{33248827}$	1.000	12757	1.00	—	—	23.45	(0.46)	—	1
MARS	779.93	243.7	$\frac{1}{3110000}$	0.107	6800	0.53	26	3.5	25.2	0.15	-2.8	2
JUPITER	398.88	9.5	$\frac{1}{104735}$	318.4	142700	11.19	50	31	3.1	0.44	-2.6	11
SATURN	378.09	10.14	$\frac{1}{3501.6}$	95.0	120800	9.47	21	15	26.8	0.42	0.5	9
URAN	369.66	10.45	$\frac{1}{22869}$	14.6	49700	3.90	4.0	3.2	98	0.45	5.4	5
NEPTUN	367.48	15.40	$\frac{1}{19814}$	17.2	41600	3.49	(2.5)	(2.3)	29	0.52	7.6	2
PLUTON	366.74	?	$\frac{1}{3330060}$	(0.1)	5700	0.44	(0.24)	(0.14)	?	0.17	14.2	?

7. SATELITI VELIKIH PLANETA

OZNAKA SATELITA	Otkriće	Prividna veličina	Daljina od planeta		Revolucija u danima		Ekscentri- citet staze	Priklon staze prema stazi planeta	Promjer u km
			u radijama planeta	u tisućama km	Siderična	Sinodična			
Z E M L J A									
☾ Mjesec	—	—	60.27	384.403	27.32166	29.53059	0.0549	5.0849°	3473.2
M A R S									
I Fobos	Hall 1877	m 11.0	2.77	9.4	0.31891	0.31891	0.017	27.48	(16)
II Deimos	Hall 1877	m 11.5	6.05	23.0	1.26244	1.26244	0.002	27.41	(8)
J U P I T E R									
I Jo	Gallei 1610	5.5	5.91	422	1.76914	1.76986		(2.16)	3730
II Evropa	Gallei 1610	6.0	9.40	671	3.55118	3.55409		(2.51)	3150
III Ganimed	Gallei 1610	5.1	14.99	1070	7.15455	7.16939		(2.36)	5340
IV Kalisto	Gallei 1610	6.3	26.36	1881	16.68899	16.75355		(2.36)	5030
V —	Barnard 1892	14.0	2.53	161	0.49818	0.49824		(2.69)	(160) ?
VI —	Perrine 1904	14.7	160.46	11452	259.611	265.0	0.155	28.95	(160) ?
VII —	Perrine 1905	17.5	164.46	11738	260.5	276.67	0.207	29.24	(104) ?
VIII —	Melotte 1908	17	320.30	23503	738.9	631.2	0.68	149.2	(104) ?
IX —	Nicholson 1914	18	351.00	25052	745	636	0.245	156.2	(32) ?
X —	Nicholson 1938	19	164.46	11738	260.06	276.7	0.132	28.27	?
XI —	Nicholson 1938	19	330.40	23581	692.5	741.3	0.207	163.38	?



OZNAKA SATELITA	Otkriće	Prividna veličina	Daljina od planeta		Revolucija u danima		Ekscentri- citet stazi	Priklon staze prema stazi planeta.	Promjer u km	
			u radijima planeta	u tisućama km	Siderična	Sinodična				
S A T U R N										
I Mimas	Herschel 1789	12 <sup>1</sup>	3·07	185 <sup>0</sup>	d	0 <sup>9</sup> 4242	a	0 <sup>0</sup> 19	29 <sup>7</sup>	(640)
II Enceladus	Herschel 1789	11 <sup>·6</sup>	3 <sup>·94</sup>	238	d	1 <sup>·37022</sup>	1 <sup>·37039</sup>	0 <sup>0</sup> 046	29 <sup>·5</sup>	(800)
III Tetis	Cassini 1684	10 <sup>·5</sup>	4 <sup>·88</sup>	295	d	1 <sup>·88780</sup>	1 <sup>·88814</sup>	0 <sup>0</sup> 000	29 <sup>·2</sup>	(1280)
IV Dione	Cassini 1684	10 <sup>·7</sup>	6 <sup>·24</sup>	377	d	2 <sup>·73892</sup>	2 <sup>·73819</sup>	0 <sup>0</sup> 002	28 <sup>·5</sup>	(1120)
V Rea	Cassini 1672	10 <sup>·0</sup>	8 <sup>·72</sup>	527	d	4 <sup>·51750</sup>	4 <sup>·51940</sup>	0 <sup>0</sup> 001	28 <sup>·2</sup>	(1760)
VI Titan	Huyghens 1655	8 <sup>·3</sup>	20 <sup>·22</sup>	1221	d	15 <sup>·94542</sup>	15 <sup>·96904</sup>	0 <sup>0</sup> 029	27 <sup>·7</sup>	4160
VII Hiperion	Bond 1848	15 <sup>·0</sup>	24 <sup>·49</sup>	1479	d	21 <sup>·27662</sup>	21 <sup>·3188</sup>	0 <sup>0</sup> 120	27 <sup>·6</sup>	(480)
VIII Japet	Cassini 1671	11 <sup>·0</sup>	58 <sup>·91</sup>	3558	d	79 <sup>·33015</sup>	79 <sup>·920</sup>	0 <sup>0</sup> 028	18 <sup>·1</sup>	(1600)
IX Febe	Pickering 1898	14 <sup>·5</sup>	214 <sup>·4</sup>	12050	d	550 <sup>·48</sup>	523 <sup>·7</sup>	0 <sup>0</sup> 166	174 <sup>·1</sup>	(320)
X Temis*	Pickering 1904*	*	*	*	d	*	*	*	*	*
U R A N										
I Ariel	Lassell 1851	16	7 <sup>·71</sup>	192	d	2 <sup>·52038</sup>	2 <sup>·52060</sup>	0	98 <sup>·6</sup>	(900)
II Umbriel	Lassell 1851	16 <sup>·5</sup>	10 <sup>·75</sup>	267	d	4 <sup>·14418</sup>	4 <sup>·14473</sup>	0	98 <sup>·6</sup>	(640)
III Titania	Herschel 1787	14 <sup>·0</sup>	17 <sup>·63</sup>	433	d	8 <sup>·70587</sup>	8 <sup>·70833</sup>	0	98 <sup>·6</sup>	(1600)
IV Oberon	Herschel 1787	14 <sup>·3</sup>	23 <sup>·57</sup>	586	d	13 <sup>·46324</sup>	13 <sup>·46917</sup>	0	98 <sup>·6</sup>	(1440)
V Miranda	Kuiper 1948	(17 <sup>·5</sup> )	(5 <sup>·2</sup> )	(130)	d	(1 <sup>·41389</sup> )	—	(0)	(98)	?
N E P T U N										
I Triton	Lassell 1846	13 <sup>·6</sup>	15 <sup>·83</sup>	353	d	5 <sup>·87683</sup>	5 <sup>·87740</sup>	—	133 <sup>·6</sup>	(4800)
II Nereid	Kuiper 1949	—	—	82000	d	—	—	—	—	—

\*) Otkriće tog satelita nikad nije potvrđeno, pa ga mnogi astronomski almanasi više ne navode.

## 8. ELEMENTI STAZA PERIODIČKIH KOMETA

Red. br.	I M E K O M E T A	Siderična revolu- cija u god.	Ekscen- tricitet <i>e</i>	Priklon prema ekliptici <i>i</i>	Duljina uzlaznog čvora $\omega$	Duljina perihela $\pi$	Ekvinok- cij (epoha)	Daljina u astr. jed.		Godina otkrića
								Perihel	Afel	
1	Encke	3 <sup>·2886</sup>	0 <sup>·350</sup>	12 <sup>·547</sup>	334 <sup>·691</sup>	184 <sup>·948</sup>	1937 <sup>·0</sup>	0 <sup>·332</sup>	4 <sup>·086</sup>	1780
2	Grigg-Skjellerup	5 <sup>·0372</sup>	0 <sup>·091</sup>	17 <sup>·466</sup>	215 <sup>·566</sup>	355 <sup>·295</sup>	1937 <sup>·0</sup>	0 <sup>·908</sup>	4 <sup>·069</sup>	1902
3	Tempel II	5 <sup>·1674</sup>	0 <sup>·559</sup>	12 <sup>·776</sup>	120 <sup>·352</sup>	186 <sup>·589</sup>	1930 <sup>·0</sup>	1 <sup>·318</sup>	4 <sup>·060</sup>	1873
4	Neujmin II	5 <sup>·4295</sup>	0 <sup>·567</sup>	10 <sup>·629</sup>	327 <sup>·653</sup>	193 <sup>·721</sup>	1930 <sup>·0</sup>	1 <sup>·338</sup>	4 <sup>·840</sup>	1916
5	Brorsen I	5 <sup>·4630</sup>	0 <sup>·810</sup>	29 <sup>·386</sup>	101 <sup>·317</sup>	14 <sup>·918</sup>	1880 <sup>·0</sup>	0 <sup>·500</sup>	5 <sup>·614</sup>	1846
6	Tempel III	5 <sup>·6807</sup>	0 <sup>·638</sup>	5 <sup>·443</sup>	290 <sup>·311</sup>	113 <sup>·688</sup>	1910 <sup>·0</sup>	1 <sup>·153</sup>	5 <sup>·214</sup>	1860
7	De Vico-E. Swift	5 <sup>·8551</sup>	0 <sup>·572</sup>	2 <sup>·966</sup>	48 <sup>·806</sup>	296 <sup>·580</sup>	1900 <sup>·0</sup>	1 <sup>·392</sup>	5 <sup>·105</sup>	1678
8	Tempel I	5 <sup>·9822</sup>	0 <sup>·463</sup>	9 <sup>·768</sup>	78 <sup>·766</sup>	159 <sup>·493</sup>	1879 <sup>·0</sup>	1 <sup>·771</sup>	4 <sup>·820</sup>	1867
9	Pons-Winnecke	6 <sup>·0907</sup>	0 <sup>·670</sup>	20 <sup>·140</sup>	96 <sup>·806</sup>	169 <sup>·357</sup>	1950 <sup>·0</sup>	1 <sup>·102</sup>	5 <sup>·568</sup>	1819
10	Schwassmann-Wachmann II	6 <sup>·4354</sup>	0 <sup>·395</sup>	8 <sup>·706</sup>	126 <sup>·090</sup>	357 <sup>·992</sup>	1934 <sup>·0</sup>	2 <sup>·095</sup>	4 <sup>·825</sup>	1929
11	Perrine I	6 <sup>·4543</sup>	0 <sup>·662</sup>	15 <sup>·676</sup>	242 <sup>·294</sup>	166 <sup>·861</sup>	1909 <sup>·0</sup>	1 <sup>·173</sup>	5 <sup>·761</sup>	1896
12	Kopff	6 <sup>·5559</sup>	0 <sup>·519</sup>	8 <sup>·706</sup>	263 <sup>·900</sup>	19 <sup>·815</sup>	1939 <sup>·0</sup>	1 <sup>·685</sup>	5 <sup>·321</sup>	1906
13	Giacobini-Zinner	6 <sup>·6029</sup>	0 <sup>·716</sup>	30 <sup>·698</sup>	195 <sup>·970</sup>	171 <sup>·808</sup>	1933 <sup>·0</sup>	1 <sup>·000</sup>	6 <sup>·040</sup>	1900
14	Biela (1)	6 <sup>·6208</sup>	0 <sup>·756</sup>	12 <sup>·555</sup>	245 <sup>·857</sup>	223 <sup>·281</sup>	1852 <sup>·0</sup>	0 <sup>·861</sup>	6 <sup>·191</sup>	1772
15	Biela (2)	6 <sup>·6137</sup>	0 <sup>·756</sup>	12 <sup>·555</sup>	245 <sup>·858</sup>	223 <sup>·281</sup>	1852 <sup>·0</sup>	0 <sup>·861</sup>	6 <sup>·190</sup>	1846

Red. br.	I M E K O M E T A	Siderična revo- lucija u god. T	Eksecen- tricitet e	Priklon prema ekliptici i	Duljina uzlaznog čvora Ω	Duljina perihela π	Ekvinok- cij (epoha)	Duljina u astr. jed.		Godina otkrivena
								Perihel	Afel	
16	D'Arrest	6-6348	0-616	18-065	143-528	174-025	1825-0	1-356	5-706	1851
17	Daniel	6-8245	0-573	19-825	70-311	6-011	1837-0	1-536	5-659	1909
18	Finlay	6-8510	0-706	3-433	45-300	320-580	1926-0	1-059	6-156	1888
19	Holmes	6-8571	0-412	20-815	331-761	14-281	1906-0	2-122	5-097	1892
20	Borrelly	6-8748	0-617	30-530	77-062	332-553	1932-0	1-385	5-846	1905
21	Brooks II	6-9488	0-486	5-546	177-711	195-964	1950-0	1-872	5-409	1889
22	Reinmuth	7-2402	0-504	8-067	124-956	8-779	1936-0	1-838	5-627	1928
23	Faye	7-3213	0-571	10-062	206-225	190-862	1932-0	1-617	5-924	1843
24	Schaumasse	7-9545	0-706	14-719	90-604	46-005	1927-0	1-172	6-793	1911
25	Wolf I	8-3290	0-404	27-264	204-185	160-815	1834-0	2-450	5-768	1884
26	Comas Sola	8-5397	0-575	13-722	65-708	38-786	1950-0	1-777	6-579	1927
27	Gale	10-9929	0-761	11-725	67-256	269-113	1950-0	1-183	8-705	1927
28	Tuttle I	13-6060	0-821	54-654	269-843	206-961	1950-0	1-022	10-376	1790
29	Schwassmann-Wachmann I	16-1614	0-149	9-193	323-732	356-945	1950-0	5-505	7-437	1927
30	Neujmin	17-6871	0-775	15-148	347-307	346-964	1931-0	1-528	12-049	1913
31	Grommelin	27-9006	0-919	28-897	250-006	195-875	1928-0	0-745	17-653	1818
32	Tempel IV	33-1758	0-905	162-690	231-434	170-960	1866-0	0-977	19-670	1368
33	Westphal	61-7303	0-920	40-808	346-790	57-063	1913-0	1-254	29-983	1852
34	Porsen II-Metcalf	69-0604	0-971	19-193	310-821	129-516	1925-0	0-485	33-180	1847
35	Pons-Brooks	71-5630	0-955	74-043	254-005	199-193	1880-0	0-776	33-698	1812
36	Olbers	72-6516	0-931	44-571	84-539	65-338	1890-0	1-199	33-624	1315
37	Halley	76-0288	0-907	162-212	57-270	111-704	1910-0	0-857	35-303	407

## 9. GLAVNI ROJEVI METEORA

Ime roja	Doba godine	Radijant			Veza sa kometom
		Rektas- cenzija	Dekli- nacija	Bliska zvijezda	
Bootidi	2-3 jan.	h m 15 20	+ 53	β Boot	—
Liridi	15-25 apr.	18 20	+ 35	× Lyra	1861 I
Akvaridi	25-30 jul.	22 35	- 11	δ Aqr	—
Perseidi	5-15 aug.	3 00	+ 56	η Pers	1862 III
Drakonidi	8-12 okt.	17 45	+ 53	γ Drac	Glacobini-Zinner
Orionidi	15-25 okt.	6 5	+ 15	ν Orio	—
Leonidi	10-18 nov.	10 00	+ 23	ζ Leon	Tempel I
Andromedidi	15-25 nov.	1 40	+ 43	γ Andr	Biela
Geminidi	5-15 dec.	7 20	+ 33	α Gemi	—



### 10. POPIS ZVIJEŽDA

(\* označuje zviježde na južnoj hemisferi neba)

Red. br.	Ime zviježda		Pokrata	
	latinsko	hrvatsko	sa 3 slova	sa 4 slova
1	Andromeda	Andromeda	And	Andr
*2	Antlia	Sisaljka	Ant	Antl
*3	Apus	Rajska ptica	Aps	Apus
4	Aquarius	Vodenjak	Aqr	Aqar
5	Aquila	Orao	Aql	Aqil
*6	Ara	Oltar	Ara	Aræ
7	Aries	Ovan	Ari	Ario
8	Auriga	Kočijaš	Aur	Auri
9	Bootes	Volar	Boo	Boot
*10	Caelum	Motika	Cae	Cael
11	Camelopardalis	Zirafa	Cam	Caml
12	Cancer	Rak	Cnc	Canc
13	Canes Venatici	Lovački psi	CVn	CVen
*14	Canis Major	Veliki pas	CMA	CMaj
15	Canis Minor	Mali pas	CMi	CMin
*16	Capricornus	Jarac	Cap	Capr
*17	Carina	Trup (broda)	Car	Cari
18	Cassiopeia	Kasiopeja	Cas	Cass
*19	Centaurus	Kentaur	Cen	Cent
20	Cepheus	Cefej	Cep	Ceph
21	Cetus	Kit	Cet	Ceti
*22	Chameleon	Kameleon	Cha	Cham
*23	Circinus	Šestar	Cir	Circ
*24	Columba	Golub	Col	Colm
25	Coma Berenices	Kosa Berenikina	Com	Coma
*26	Corona Australis	Južna Kruna	CoA	CorA
27	Corona Borealis	Sjeverna Kruna	CoB	CorB
*28	Corvus	Gavran	Crv	Corv
*29	Crater	Vrč	Crt	Crat
*30	Crux	Križ (južni)	Cru	Cruc
31	Cygnus	Labud	Cyg	Cygn
32	Delphinus	Dupin	Del	Dlph
*33	Dorado	Zlatna riba	Dor	Dora
34	Draco	Zmaj	Dra	Drac
35	Equuleus	Ždrijebe	Equ	Equl
36	Eridanus	Eridan (rijeka)	Eri	Erid
*37	Fornax	Kemijska peć	For	Forn
38	Gemini	Blizanci	Gem	Gemi
*39	Grus	Ždral	Gru	Grus
40	Hercules	Herkul	Her	Herc
*41	Horologium	Ura njihalica	Hor	Horo
42	Hydra	Hidra (ženska)	Hya	Hyda
*43	Hydrus	Hidra (muška)	Hyl	Hydi
*44	Indus	Indijska ptica	Ind	Indi

### 10. POPIS ZVIJEŽDA

Red. br.	Ime zviježda		Pokrata	
	latinsko	hrvatsko	sa 3 slova	sa 4 slova
45	Lacerta	Gušterica	Lac	Lacr
46	Leo	Lav	Leo	Leon
47	Leo Minor	Mali lav	LMi	LMin
*48	Lepus	Zec	Lep	Leps
*49	Libra	Vaga	Lib	Libr
*50	Lupus	Vuk	Lup	Lupi
51	Lynx	Ris	Lyn	Lync
52	Lyra	Lira	Lyr	Lyra
*53	Mensa	Stol (brijeg)	Men	Mens
*54	Microscopium	Mikroskop	Mic	Micr
55	Monoceros	Jednorog	Mon	Mono
*56	Musca	Muha	Mus	Musc
*57	Norma	Mjerilo	Nor	Norm
*58	Octans	Oktant	Oct	Octn
59	Ophiuchus	Zmijonosac	Oph	Ophi
60	Orion	Orion	Ori	Orio
*61	Pavo	Paun	Pav	Pavo
62	Pegasus	Pegaz	Peg	Pegs
63	Perseus	Perzej	Per	Pers
*64	Phoenix	Peniks	Phe	Phoe
*65	Pictor	Sl:kar	Pic	Pisc
66	Pisces	Ribe	Psc	Pict
*67	Piscis Austrinus	Južna riba	PsA	PscA
*68	Puppis	Krma (broda)	Pup	Pupp
*69	Pyxis	Kompas (broda)	Pyx	Pyxi
*70	Reticulum	Mrežica	Ret	Reti
71	Sagitta	Strelica	Sge	Sgte
*72	Sagittarius	Strijelac	Sgr	Sgtr
*73	Scorpius	Skorpion	Scr	Scor
*74	Sculptor	Kipar	Scl	Scul
*75	Scutum	Štit	Sct	Scut
76	Serpens	Zmija	Ser	Serp
77	Sextans	Sekstant	Sex	Sext
78	Taurus	Bik	Tau	Taur
*79	Telescopium	Dalekozor	Tel	Tele
80	Triangulum	Trokut	Tri	Tria
*81	Triangulum Australe	Južni trokut	TrA	TrAu
*82	Tucana	Tukan	Tuc	Tucn
83	Ursa Major	Veliki medvjed	UMa	UMaj
84	Ursa Minor	Mali medvjed	UMi	UMin
*85	Vela	Jedra (broda)	Vel	Vela
86	Virgo	Djevica	Vir	Virg
*87	Volans	Letiriba	Vol	Voln
88	Vulpecula	Lisica	Vul	Vulp

11. SREDNJA MJESTA OSNOVNIH ZVIJEZDA  
za 1952<sup>0</sup> (Jan. 1'408), do —30° deklinacije

Red. br.	Oznaka zvijezde	Ime zvijezde	Prividna veličina < 3 <sup>0</sup>	Rektascenzija	Godišnje vlastito gibanje	Deklinacija	Godišnje vlastito gibanje
1	α Andromedae	Sirrah	m 2'15	h m s 0 05 54 <sup>0</sup> 05	+0'010	+ 28 49 31 <sup>9</sup>	— 0'16
2	β Cassiopeiae	Chaph	2'42	0 06 36 <sup>1</sup> 3	+0'068	+ 58 53 06 <sup>4</sup>	— 0'18
3	γ Pegasi	Algenib	2'87	0 10 45 <sup>6</sup> 3	0'000	+ 56 16 28 <sup>1</sup>	— 0'01
4	α Cassiopeiae	Sedir	2'1—2'6	0 37 46 <sup>1</sup> 1	+0'006	+ 14 55 00 <sup>6</sup>	— 0'03
5	β Oeti	Diphda	2'24	0 41 10 <sup>8</sup> 4	+0'016	— 18 14 59 <sup>1</sup>	+ 0'04
6	γ Cassiopeiae	Oih	1'6—2'3	0 53 47 <sup>5</sup> 5	+0'003	+ 60 27 26 <sup>2</sup>	0'00
7	β Andromedae	Mirah	2'37	1 07 02 <sup>1</sup> 9	+0'015	+ 35 21 59 <sup>8</sup>	— 0'11
8	δ Cassiopeiae	Rucba	2'80	1 22 39 <sup>3</sup> 4	+0'040	+ 59 59 11 <sup>7</sup>	— 0'05
9	α Ursae Minoris	Polaris	2'12	1 50 07 <sup>9</sup> 5	+0'186	+ 89 02 19 <sup>2</sup>	0'00
10	β Arietis	Oheratan	2'72	1 51 58 <sup>9</sup> 7	+0'007	+ 20 34 27 <sup>2</sup>	— 0'11
11	γ <sup>1</sup> Andromedae	Alamak	2'28	2 00 56 <sup>5</sup> 6	+0'004	+ 42 06 01 <sup>6</sup>	— 0'05
12	α Arietis	Hama	2'23	2 04 27 <sup>6</sup> 8	+0'014	+ 23 14 11 <sup>1</sup>	— 0'14
13	α Ceti	Menkar	2'82	2 50 46 <sup>0</sup> 3	—0'001	+ 3 54 09 <sup>4</sup>	— 0'07
14	β Persei	Algol	2'2—3'5	3 05 02 <sup>1</sup> 8	+0'001	+ 40 46 20 <sup>2</sup>	0'00
15	α Persei	Mirfak	1'90	3 20 53 <sup>0</sup> 3	+0'003	+ 49 41 31 <sup>6</sup>	— 0'02
16	η Tauri	Alcyone	2'06	3 44 37 <sup>5</sup> 6	+0'002	+ 23 57 29 <sup>8</sup>	— 0'01
17	ξ Persei	—	2'91	3 51 06 <sup>5</sup> 2	+0'001	+ 31 44 33 <sup>9</sup>	— 0'01
18	α Tauri	Aldebaran	1'06	4 33 09 <sup>7</sup> 9	+0'005	+ 16 24 52 <sup>0</sup>	— 0'19
19	ι Aurigae	—	2'90	4 53 51 <sup>8</sup> 0	0'000	+ 33 05 31 <sup>3</sup>	— 0'02
20	β Eridani	Oursa	2'92	5 05 29 <sup>2</sup> 8	—0'006	— 5 08 49 <sup>1</sup>	— 0'08

Red. br.	Oznaka zvijezde	Ime zvijezde	Prividna veličina < 3 <sup>0</sup>	Rektascenzija	Godišnje vlastito gibanje	Deklinacija	Godišnje vlastito gibanje
21	β Orionis	Rigel	m 0'34	h m s 5 12 13 <sup>7</sup> 7	0'000	— 8 15 20 <sup>3</sup>	0'00
22	α Aurigae	Capella	0'21	5 13 08 <sup>3</sup> 4	+0'008	+ 45 57 05 <sup>4</sup>	— 0'42
23	γ Orionis	Bellatrix	1'70	5 22 33 <sup>2</sup> 8	—0'001	+ 6 18 28 <sup>1</sup>	— 0'02
24	β Tauri	Nath	1'78	5 23 15 <sup>3</sup> 6	+0'002	+ 28 34 07 <sup>8</sup>	— 0'18
25	δ Orionis	Mintaka	2'48	5 29 33 <sup>1</sup> 5	0'000	— 0 18 59 <sup>0</sup>	0'00
26	α Leporis	Arneb	2'69	5 30 36 <sup>7</sup> 0	0'000	— 17 51 18 <sup>9</sup>	0'00
27	ι Orionis	—	2'89	5 33 05 <sup>0</sup> 1	0'000	— 5 56 23 <sup>4</sup>	0'00
28	ε Orionis	Alnitam	1'75	5 33 46 <sup>5</sup> 7	0'000	— 1 13 51 <sup>5</sup>	0'00
29	ζ <sup>1</sup> Orionis	Alnitak	2'05	5 38 20 <sup>1</sup> 1	0'000	— 1 57 59 <sup>1</sup>	0'00
30	κ Orionis	Saiph	2'20	5 45 28 <sup>7</sup> 2	0'000	— 9 41 08 <sup>9</sup>	0'00
31	α Orionis	Betelgeuze	0'1—1'2	5 25 34 <sup>3</sup> 2	+0'002	+ 7 23 59 <sup>3</sup>	+ 0'01
32	β Aurigae	Menkalinan	2'07	5 56 00 <sup>3</sup> 9	—0'005	+ 44 56 41 <sup>3</sup>	0'00
33	θ Aurigae	—	2'71	5 56 26 <sup>8</sup> 1	+0'004	+ 37 12 40 <sup>4</sup>	— 0'08
34	β Canis Majoris	Mirzam	1'99	6 20 35 <sup>0</sup> 0	0'000	— 17 55 50 <sup>9</sup>	0'00
35	γ Geminorum	Albena	1'93	6 37 56 <sup>3</sup> 3	+0'003	+ 16 26 31 <sup>1</sup>	— 0'04
36	α Canis Majoris	Sirius	— 1'56	6 43 02 <sup>0</sup> 2	—0'037	— 16 38 56 <sup>3</sup>	— 1'21
37	ε Canis Majoris	Adhara	1'63	6 53 44 <sup>3</sup> 1	0'000	— 28 54 20 <sup>0</sup>	0'00
38	δ Canis Majoris	Vezen	1'98	7 06 26 <sup>3</sup> 2	0'000	— 26 18 50 <sup>7</sup>	0'00
39	η Canis Majoris	—	2'43	7 22 11 <sup>7</sup> 2	0'000	— 29 12 29 <sup>9</sup>	+ 0'01
40	α Geminorum	Oastor	1'58	7 31 32 <sup>3</sup> 2	—0'014	+ 31 50 43 <sup>6</sup>	— 0'10
41	α Canis Minoris	Procyon	0'48	7 36 47 <sup>3</sup> 9	—0'047	+ 5 20 58 <sup>1</sup>	— 1'03
42	β Geminorum	Pollux	1'21	7 42 22 <sup>8</sup> 6	—0'047	+ 28 08 37 <sup>7</sup>	— 0'05
43	α Hydrae	Alfard	2'16	9 25 13 <sup>6</sup> 9	—0'001	— 8 26 53 <sup>8</sup>	+ 0'03
44	α Leonis	Regulus	1'34	10 05 40 <sup>0</sup> 4	—0'017	+ 12 12 00 <sup>3</sup>	0'00
45	γ <sup>1</sup> Leonis	Algieba	2'61	10 17 19 <sup>7</sup> 3	+0'022	+ 20 05 06 <sup>2</sup>	— 0'15

Red. br.	Oznaka zvijezde	Ime zvijezde	Prividna veličina < 3'0	Rektascenzija	Godišnje vlastito gibanje	Deklinacija	Godišnje vlastito gibanje
40	β Ursae Majoris	Merak	m 2'44	h m s 10 58 57'47	+0'010	+ 56 38' 24'4	+ 0'03
47	α Ursae Majoris	Dubhe	1'05	11 00 46'03	-0'017	+ 20 00 37'9	- 0'07
48	δ Leonis	Zosma	2'58	11 11 33'47	+0'010	+ 20 47 13'2	- 0'14
49	β Leonis	Denebola	2'23	11 46 36'73	-0'034	+ 14 50 25'5	- 0'12
50	γ Ursae Majoris	Phecda	2'54	11 51 18'86	+0'010	+ 53 57 41'9	+ 0'01
51	ε Ursae Majoris	Alioth	1'68	12 51 55'37	+0'013	+ 56 13 12'2	- 0'01
52	α Canum Venatic.	Cor Caroli	2'90	12 53 47'09	-0'020	+ 38 34 37'8	+ 0'05
53	ε Virginis	Vindemiatrix	2'95	12 59 47'19	-0'019	+ 11 13 00'3	+ 0'02
54	ζ Ursae Majoris	Mizar	2'40	13 21 50'75	+0'014	+ 55 10 31'9	- 0'02
55	α Virginis	Spica	1'21	13 22 39'63	-0'003	- 10 54 41'0	- 0'03
56	η Ursae Majoris	Benetnaš	1'01	13 45 39'04	-0'013	+ 49 33 08'2	- 0'01
57	η Bootis	Muphrid	2'80	13 52 23'89	-0'004	+ 18 38 15'2	- 0'36
58	α Bootis	Arcturus	0'24	14 13 28'24	-0'078	+ 19 25 53'5	- 2'00
59	ε Bootis	Izar	2'70	14 42 33'38	-0'004	+ 27 16 32'3	+ 0'02
60	α Librae	Zuben el Genubi	2'90	14 48 13'09	-0'007	- 15 05 36'6	- 0'07
61	β Ursae Minoris	Kohab	2'24	14 50 49'31	-0'008	+ 74 21 06'1	+ 0'01
62	β Librae	Zuben el Chamaš	2'74	15 14 25'19	-0'007	- 9 12 25'5	- 0'02
63	α Coronae Bor.	Gemma	2'31	15 32 30'23	+0'009	+ 20 52 30'5	- 0'09
64	α Serpentis	Unuk	2'75	15 41 54'07	+0'009	+ 6 34 31'3	+ 0'05
65	δ Scorpjii	Džuba	2'54	15 57 29'42	0'000	- 22 29 12'0	- 0'03
66	β Scorpjii	Akrab	2'00	16 02 33'40	0'000	- 19 40 32'3	- 0'02
67	η Draconis	—	2'89	16 23 20'10	-0'003	+ 61 37 20'8	+ 0'06
68	α Scorpjii	Antares	1'22	16 26 27'61	0'000	- 20 19 37'9	- 0'02
69	β Herculis	Korneforos	2'81	16 28 09'26	-0'007	+ 21 35 34'5	- 0'02
70	τ Scorpjii	—	2'91	16 32 53'38	0'000	- 28 07 05'5	- 0'02

Red. br.	Oznaka zvijezde	Ime zvijezde	Prividna veličina < 3'0	Rektascenzija	Godišnje vlastito gibanje	Deklinacija	Godišnje vlastito gibanje
71	ε Ophiuchi	—	m 2'70	h m s 16 34 30'75	+0'001	- 10 28' 17'3	+ 0'02
72	η Ophiuchi	Sabik	2'63	17 07 37'34	+0'002	+ 15 40 01'9	+ 0'09
73	β Draconis	—	2'99	17 29 20'74	-0'002	+ 52 20 10'3	+ 0'01
74	α Ophiuchi	Ras Alhague	2'14	17 32 42'27	+0'008	+ 12 35 30'7	- 0'23
75	β Ophiuchi	—	2'94	17 41 05'97	-0'003	+ 4 35 08'8	+ 0'10
76	γ Draconis	Etamin	2'42	17 55 29'37	-0'001	+ 51 29 37'7	- 0'02
77	δ Sagittarii	—	2'84	18 17 55'24	+0'003	- 29 51 01'6	- 0'03
78	λ Sagittarii	—	2'94	18 25 00'46	-0'003	- 25 27 00'2	- 0'18
79	α Lyrae	Vega	0'14	18 35 18'72	+0'017	+ 38 44 16'3	+ 0'28
80	σ Sagittarii	Nunki	2'14	18 52 17'36	+0'001	- 26 21 29'5	- 0'06
81	γ Aquilae	Tarazed	2'80	19 43 58'01	+0'001	+ 10 29 42'0	0'00
82	α Aquilae	Altair	0'89	19 48 20'44	+0'036	+ 8 44 24'8	+ 0'39
83	γ Cygni	—	2'32	20 29 30'24	0'000	+ 40 06 07'6	0'00
84	α Cygni	Deneb	1'33	20 30 47'64	0'000	+ 45 06 28'8	0'00
85	ε Cygni	Gienah	2'64	20 44 16'03	+0'028	+ 33 47 22'3	+ 0'33
86	α Cephei	Alderamin	2'60	21 17 26'03	+0'021	+ 62 22 54'3	+ 0'05
87	ε Pegasi	Enif	2'54	21 41 49'65	+0'002	+ 9 39 14'7	0'00
88	α Piscis Austr.	Fomalhaut	1'29	22 55 00'16	+0'026	- 20 52 37'5	- 0'16
89	β Pegasi	Secat	2'61	23 01 26'59	+0'014	+ 27 49 19'6	+ 0'14
90	α Pegasi	Markab	2'57	23 02 22'04	+0'004	+ 11 56 47'9	- 0'04



12. KONSTANTE ZA REDUKCIJU, 1952.

Datum 0 <sup>h</sup> svj. vr.	t	f	g	log g	G	h	log h	H	i	log i	
Jan.	1	-0'0611	+0'482	8'27	0'9178	19 29'1	20'43	1'3102	23 25'0	-1'35	0'129 n
	11	+0'0263	0'601	8'65	0'9370	19 47'5	20'29	1'3072	22 47'2	2'75	0'439 n
	21	0'0536	0'713	9'10	0'9589	20 02'6	20'06	1'3024	22 08'8	4'06	0'608 n
	31	0'0810	0'816	9'58	0'9814	20 14'8	19'79	1'2964	21 29'4	5'24	0'719 n
Feb.	10	0'1084	0'910	10'06	1'0025	20 24'4	19'49	1'2898	20 49'0	-6'26	0'796 n
	20	0'1358	0'994	10'50	1'0213	20 32'3	19'21	1'2835	20 07'5	7'07	0'850 n
Mar.	1.	0'1632	1'070	10'89	1'0372	20 39'1	18'98	1'2783	19 25'0	-7'67	0'885 n
	11	0'1905	1'140	11'23	1'0505	20 45'5	18'83	1'2748	18 41'9	8'03	0'905 n
	21	0'2179	1'206	11'51	1'0612	20 52'1	18'78	1'2737	17 58'6	8'14	0'911 n
	31	0'2453	1'272	11'76	1'0704	20 59'3	18'84	1'2750	17 15'5	8'02	0'904 n
Apr.	10	0'2727	1'342	11'99	1'0788	21 07'2	18'99	1'2784	16 33'1	-7'65	0'884 n
	20	0'3001	1'417	12'23	1'0874	21 16'0	19'21	1'2836	15 51'9	7'06	0'849 n
	30	0'3274	1'499	12'50	1'0970	21 25'5	19'48	1'2897	15 11'8	6'28	0'798 n
Maj	10	0'3548	1'590	12'84	1'1085	21 35'3	19'77	1'2960	14 33'2	-5'31	0'725 n
	20	0'3822	1'689	13'24	1'1219	21 44'9	20'03	1'3018	13 55'8	4'21	0'624 n
	30	0'4096	1'795	13'72	1'1375	21 54'0	20'25	1'3065	13 19'4	2'98	0'475 n
Jun.	9	0'4369	1'907	14'28	1'1547	22 02'1	20'40	1'3097	12 43'8	-1'68	0'225 n
	19	0'4643	2'023	14'89	1'1730	22 09'0	20'47	1'3111	12 08'6	-0'33	0'324 n
	29	0'4917	2'138	15'55	1'1917	22 14'6	20'45	1'3106	11 33'6	+1'02	0'009
Jul.	9	0'5191	2'252	16'22	1'2102	22 19'0	20'34	1'3082	10 58'3	+2'34	0'370
	19	0'5465	2'361	16'96	1'2279	22 22'3	20'15	1'3043	10 22'6	3'60	0'557
	29	0'5738	2'464	17'55	1'2444	22 24'7	19'91	1'2990	9 46'0	4'77	0'673
Aug.	8	0'6012	2'559	18'17	1'2594	22 26'4	19'63	1'2930	9 08'3	+5'80	0'765
	18	0'6286	2'645	18'74	1'2727	22 27'7	19'35	1'2868	8 29'5	6'67	0'824
	28	0'6560	2'724	19'25	1'2844	22 28'9	19'10	1'2811	7 49'3	7'36	0'867
Sep.	7	0'6834	2'795	19'71	1'2947	22 30'3	18'91	1'2767	7 08'1	+7'84	0'894
	17	0'7107	2'862	20'12	1'3037	22 32'0	18'80	1'2741	6 26'0	8'10	0'908
	27	0'7381	2'927	20'50	1'3117	22 34'2	18'79	1'2739	5 43'3	8'13	0'910
Okt.	7	0'7655	2'994	20'86	1'3194	22 37'1	18'88	1'2760	5 00'6	+7'91	0'898
	17	0'7929	3'064	21'23	1'3270	22 40'5	19'06	1'2801	4 18'3	7'47	0'873
	27	0'8203	3'141	21'64	1'3352	22 44'5	19'31	1'2858	3 36'7	6'79	0'832
Nov.	6	0'8476	3'226	22'09	1'3442	22 48'7	19'60	1'2923	2 56'0	+5'91	0'771
	16	0'8750	3'321	22'61	1'3543	22 53'1	19'89	1'2987	2 16'3	4'84	0'684
	26	0'9024	3'426	23'20	1'3655	22 57'2	20'15	1'3043	1 37'6	3'61	0'558
Dec.	6	0'9298	3'538	23'85	1'3776	23 00'8	20'34	1'3084	0 59'6	+2'27	0'356
	16	0'9572	3'656	24'37	1'3903	23 03'9	20'45	1'3108	0 22'1	+0'85	0'931
	26	0'9845	3'776	25'31	1'4032	23 06'2	20'46	1'3109	23 44'7	-0'59	9'773 n
	31	0'9982	3'836	25'68	1'4097	23 07'1	20'43	1'3102	23 25'0	1'31	0'118 n

13. NAJBLIŽE ZVIJEZDE

do daljine 5 parseka (oko 1 mil. astr. jedinica ili 16,25 god. svij.)

Red. br.	Oznaka zvijezde	Položaj 1900'0			Velicina		Apsolutni sjaj $\odot = 1$	Spekt. tip	Paralaksa	Daljina god. svjet.	Vla. stito gibanje	Napomena
		Rektas. cenzija	Dekli. nacija	Pri. vidna	Apsol. lutna							
1	Proxima Centauri	h m 14 22'8	' -62 15	m 11	M +15'4	0'00005	M	'' 0'762	4'27	3'85	Udaljeni pratilac od $\alpha$ Centauri	
2	$\alpha$ Centauri A	14 32'8	-60 25	0'3	+ 4'7	1'45	G4	0'756	4'30	3'68	d = 28'3 astr. jed.	
3	Centauri B	14 32'8	-60 25	1'7	+ 6'1	0'32	K1	0'756	4'30	3'68	P = 89 god.	
4	Barnard = CC 1061	17 52'9	+ 1 25	9'7	+13'2	0'06038	M5	0'630	5'16	10'30	Tamni pratilac	
5	Lalande 21185	10 57'9	+36 38	7'6	+10'7	0'0052	M2	0'411	7'90	4'78	Tamni pratilac	
6	Luyten 726-S A	1 34'0	-18 26	12'5	+15'6	0'00005	M5e	0'410	7'95	3'35	d = 1'75 p = 117"	
7	Luyten 726-S B	1 34'0	-18 28	13'0	+16'1	0'00002	M6e	0'410	7'95	3'35	P = 51 god.	
8	Wolf 359	10 51'6	+ 7 37	13'5	+16'6	0'000022	M5e	0'408	8'20	4'84	P = 40 god.	
9	Sirius A	6 40'7	-16 35	-1'6	+ 1'3	28'9	A0	0'381	8'55	1'32	d = 23"	
10	Sirius B	6 40'7	-16 35	7'1	+10'0	0'4096	A5	0'381	8'55	1'32	Tamni pratilac	
11	Ross 154	18 43'6	-23 57	11	+13'7	0'00033	M4e	0'350	9'30	0'67	d = 17"	
12	Ross 248	32 37'0	+43 40	12'2	+14'7	0'00011	M6	0'317	10'26	1'58		
13	Luyten 789-6	22 55'0	-15 52	12'3	+14'8	0'00065	M5o	0'315	10'26	3'27		
14	$\epsilon$ Eridani	3 28'2	-9 48	3'8	+ 6'2	0'29	K0	0'305	10'02	0'97		
15	Procyon A	7 34'1	+ 5 29	0'5	+ 2'9	6'6	F3	0'295	11'0	1'25		
16	Procyon B	7 34'1	+ 5 29	10'8	+13'2	0'00026	F	0'295	11'0	1'25		
17	61 Cygni A	21 2'4	+38 15	5'6	+ 7'0	0'058	K5	0'294	11'08	5'22		
18	61 Cygni B	21 2'4	+38 15	6'3	+ 8'6	0'32	K6	0'294	11'08	5'22		
19	Ross 128	21 55'7	+ 1 23	11'1	+13'4	0'00038	M5	0'292	11'18	1'40		
20	$\epsilon$ Indi	21 55'7	-37 12	4'7	+ 7'0	0'14	K5	0'291	11'20	4'67		
21	Struve 2308 A	18 41'8	+30 20	8'9	+11'2	0'0630	M4	0'287	11'34	2'29		
22	Struve 2308 B	18 41'8	+30 20	9'7	+12'0	0'014	M5	0'287	11'34	2'29		
23	BD -124523	16 24'7	-12 25	9'7	+11'9	0'0015	M4	0'281	11'58	1'24		

Red. št.	Oznaka zvijezde	Položaj 1900'0		Velicina		Apolutni sjaj $\odot = 1$	Spekt. tip	Paralaksa	Daljina god. svjet.	Vla-stito gibanje	Napomena
		Rektas-cenzija	Dekli-nacija	Pri-vidna	Apsol-utna						
24	Groombridge 34 A	0 12'7	+43 27	8.1	+10.3	0.0066	M1	0.278	11.70	2.91	} d = 39"
25	Groombridge 34 B	0 12'7	+43 27	10.9	+13.1	0.00051	M6	0.278	11.70	2.91	
26	Lacaille 332	22 59.4	-36 26	7.4	+ 9.6	0.013	M2	0.271	11.08	5.87	Tamni pratilac
27	BD +5-01668	7 22.1	+ 5 32	10.1	+12.2	0.00099	M4	0.283	12.40	3.73	
28	Ross 614 A	6 24.3	- 2 44	11	+13.1	0.00058	M4e	0.260	12.54	0.97	Tamni pratilac
29	Lacaille 8760	21 11.4	-39 15	6.6	+ 8.7	0.029	M1	0.260	12.54	3.46	
30	Tou Ceti	1 39.4	-16 27	3.6	+ 5.9	0.40	K0	0.257	12.64	1.92	} P = 44 god.
31	Krüger 60 A	22 24.5	+57 12	9.8	+11.8	0.0017	M4	0.256	12.70	0.87	
32	Krüger 60 B	22 24.5	+57 12	11.3	+13.3	0.00044	M6	0.256	12.70	0.87	Pratilac istog sjaja i sp. tipa
33	Kaptejn = C <sub>in</sub> 675	5 7.7	-44 59	8.8	+10.8	0.00.2	M0	0.256	12.70	8.79	
34	Wolf 424 A	12 28.4	+ 9 34	12.6	+14.4	0.00015	M3e	0.230	14.2	1.87	Tamni pratilac
35	CD -46°11540	17 21.1	-46 47	9.4	+11.2	0.0028	M3	0.225	14.5	1.15	
36	BD +20-2465	10 14.2	+20 22	9.5	+11.1	0.0030	M3e	0.224	14.6	0.49	Tamni pratilac
37	Van Maanen	0 43.9	+ 4 55	12.3	+14.3	0.00016	F0	0.223	14.6	2.98	
38	CC 658	11 40.2	-64 17	11	+12.7	0.00074	—	0.219	14.8	2.69	} P = 44 god.
39	Groombridge 1618	10 5.3	+40 58	6.8	+ 8.6	0.032	K6	0.217	15.0	1.45	
40	BD +68° 946	17 37.0	+68 26	9.1	+10.8	0.0042	M4	0.216	15.1	1.31	} P = 44 god.
41	Ross 780	22 47.9	-14 47	10.3	+11.9	0.0015	M5	0.213	15.2	1.12	
42	CD -44°11909	17 29.8	-44 14	10.0	+11.6	0.0020	M5	0.212	15.3	1.14	} P = 44 god.
43	CD -37°15492	23 50.5	-37 51	8.3	+ 9.9	0.0096	M3	0.210	15.4	6.09	
44	CD -49°13315	21 29.9	-49 26	8.6	+10.2	0.0074	M3	0.209	15.5	0.78	} P = 44 god.
45	Altekr	19 45.9	+ 8 38	0.9	+ 2.5	8.7	A5	0.208	15.6	0.66	
46	0° Eridani A	4 10.7	- 7 49	4.5	+ 6.1	0.32	G5	0.205	15.9	4.03	} P = 44 god.
47	0° Eridani B	4 10.7	- 7 49	0.2	+10.3	0.0042	B9	0.205	15.9	4.08	
48	0° Eridani C	4 10.7	- 7 49	10.7	+12.3	0.00095	M4e	0.205	15.9	4.08	

14. PETNAEST NAJSJAJNIJIH ZVIJEZDA  
(do — 30° južne deklinacije)

Red. št.	I M E	Oznaka	Velicina		Apolutni sjaj $\odot = 1$	Para-laksa	Udaljenost u god. svjetlosti	Vla-stito gibanje	B r z i n a km/sec		Spektr. tip
			Pri-vidna	Apsolutna					trans.	rad. prost.	
1	Sirius	$\alpha$ CMaj	$\mu$ -1.38	M +1.3	29	0.373	8.7	1.320	17	- 8	A0
2	Vega	$\alpha$ Lyra	+ 0.14	+ 0.5	33	0.122	26.9	0.345	13	-14	A0
3	Capella	$\alpha$ Auri	0.21	- 0.5	142	0.071	45.9	0.439	29	+30	G0
4	Arcturus	$\alpha$ Boot	0.24	- 0.1	96	0.085	38.3	2.287	127	- 5	K0
5	Rigel	$\beta$ Orio	0.34	- 5.8	18 000	0.006	543.3	0.005	4	+23	B8
6	Procyon	$\alpha$ CMin	0.48	+ 2.8	7	0.291	11.2	1.259	20	- 3	F5
7	Altair	$\alpha$ Aql	0.80	+ 2.5	9	0.207	15.7	0.659	15	-26	A3
8	Betelgeuze	$\alpha$ Orio	(0.92)	- 3.9	3 000	0.011	206.3	0.032	14	+21	Ma
9	Aldebaran	$\alpha$ Taur	1.06	- 0.6	156	0.046	70.9	0.205	21	+55	K5
10	Pollux	$\beta$ Gemi	1.21	+ 1.2	29	0.102	32.0	0.624	29	+ 3	K0
11	Spica	$\alpha$ Virg	1.21	- 3.6	2 350	0.011	206.3	0.051	22	+ 2	D2
12	Antares	$\alpha$ Scor	1.23	- 1.5	850	0.028	116.4	0.032	5	- 3	M0
13	Fomalhaut	$\alpha$ PscA	1.29	+ 1.9	15	0.130	25.1	0.366	13	+ 7	A3
14	Deneb	$\alpha$ Cygn	1.33	- 4.2	3 160	(0.008)	(407.5)	0.004	2	- 4	A2
15	Regulus	$\alpha$ Leon	1.34	- 0.6	151	0.041	79.5	0.241	28	+ 3	B8

15. ZVIJEZDE SA NAJVEĆIM VLASTITIM GIBANJEM

Redni broj	Oznaka zvijezde	Prividna veličina	Položaj 1900 <sup>0</sup>		Paralaksa	Vlastito gibanje	Pozicioni kut
			Rektascenzija	Deklinacija			
1	Barnard	m 9.7	h m 17 52.9	+ 4 25	0.545	10.296	356
2	Kapteyn	9.2	5 7.7	-44 59	0.262	8.790	131
3	Groombridge 1830	6.5	11 47.2	+ 38 26	0.107	7.031	146
4	Lacaille 4852	7.4	22 59.4	-36 26	0.278	6.874	79
5	Cin 3161	8.3	23 59.5	-37 51	0.222	6.090	113
6	OO 462 = Ross 619	(14.4)	8 6.5	+ 9 10	0.154	5.40	167
7	61 Cygni	5.6	21 2.4	+ 38 15	0.299	5.216	52
8	Lalande 21185	7.6	10 57.9	+ 36 38	0.388	4.778	187
9	$\epsilon$ Indi	4.7	21 55.7	-57 12	0.288	4.674	128
10	Wolf 359	13.5	10 51.6	+ 7 37	0.403	4.67	235
11	Lalande 21258	8.6	11 0.5	+ 44 2	0.175	4.513	282
12	$\alpha^2$ Eridani	4.5	4 10.7	-7 49	0.202	4.078	213
13	CC 791 = Wolf 489	(15.2)	13 31.8	+ 4 13	0.130	3.94	252
14	Proxima Centauri	11.0	14 22.8	-62 15	0.762	3.85	283
15	$\mu$ Cassiopeiae	5.3	1 1.6	+ 54 26	0.130	3.781	115
16	Luyten	11.5	7 22.4	+ 5 32	0.268	3.76	171
17	$\alpha$ Centauri	0.3	14 32.8	-60 25	0.756	3.698	281
18	Cin 2019	9.4	15 4.7	-15 54	0.040	3.68	196
19	Lacaille 8760	6.6	21 11.4	-39 15	0.257	3.459	251
20	Luyten 726-8	11.9	1 34.0	-18 28	0.41	3.35	80

16. ZVIJEZDE SA NAJVEĆIM RADIJALNIM GIBANJEM

Redni broj	Oznaka zvijezde	Prividna veličina	Spektralni tip	Položaj 1900 <sup>0</sup>		Gibanje	
				Rektascenzija	Deklinacija	Vlastito	Radijalno km/sec
1	Cin 560	m 8.9	A8	h m 4 8.6	+22 6	0.54	+338
2	Cin 2018	9.9	G5	15 4.7	-15 59	3.08	+806
3	S Libr	var.	M2e	15 15.6	-20 2	0.20	+295
4	Cin 2019	9.4	G0	15 4.7	-15 54	3.68	+290
5	S Car	var.	Md	10 6.2	-61 4	0.11	+289
6	Kapteyn	9.2	K2	5 7.7	-44 59	8.75	+242
7	Van Maanen	12.3	F3	0 43.9	+ 4 55	2.98	+238
8	Cin 1666	8.2	F4	12 56.1	-26 50	0.54	+226
9	R Pict	var.	Md	4 48.5	-49 26	0.07	+208
10	A. 9. Wash. 3408	9.4	A7	8 36.1	-15 59	0.56	+200
11	RZ Lyra	var.	A2	18 30.9	+32 42	—	-220
12	BD + 23°123	8.8	R3	0 48.9	+23 32	0.15	-234
13	Cin 2848	9.1	F0	17 33.9	+18 37	0.28	-240
14	Cin 985	8.2	F7	7 47.2	+30 55	1.96	-242
15	Cin 149	7.8	F5	1 3.3	+61 1	0.64	-325
16	Luyten 673	11.3	A	21 41.0	+43 51	0.64	-354
17	VX Herc	var.	A3	16 26.2	+18 36	—	-380
18	BD + 20°5071	8.8	R3	21 59.7	+20 34	0.02	-383



17. PETNAEST NAJSJAJNIJIH DVOJNIH ZVIJEZDA

Red. br.	Oznaka zvezde	Položaj 1950 <sup>0</sup>		Prividna veličina, spektar, boja		Pratilac	Pozicioni kut	Daljina komponenta	Epoha	Period	Broj zvezde u katalogu Struve
		$\alpha$	$\delta$	Glavna zvezda	Pratilac						
1	$\eta$ Cass	b 0 47	+57 <sup>5</sup>	m 3 <sup>6</sup> F8 žuta	m 7 <sup>6</sup> M1 crv.		267 <sup>6</sup>	8 <sup>06</sup>	1926 <sup>8</sup>	god. 500	$\Sigma$ 60
2	$\gamma$ Arie	1 50	+19 <sup>0</sup>	4 <sup>7</sup> A0 bij.	4 <sup>8</sup> B9 zel.		359 <sup>6</sup>	8 <sup>35</sup>	1924 <sup>7</sup>		180
3	$\gamma$ Andr	2 01	+42 <sup>1</sup>	2 <sup>3</sup> K0 žuta	5 <sup>1</sup> A0 zel.		62 <sup>9</sup>	10 <sup>01</sup>	1925 <sup>1</sup>		205
4	$\gamma$ Ceti	2 40	+3 <sup>0</sup>	3 <sup>6</sup> A2 —	6 <sup>8</sup> F3 —		202 <sup>4</sup>	3 <sup>05</sup>	1926 <sup>1</sup>		299
5	$\theta$ Auri	5 56	+37 <sup>2</sup>	2 <sup>7</sup> A0 —	7 <sup>5</sup> — —		331 <sup>0</sup>	2 <sup>81</sup>	1924 <sup>3</sup>		
6	$\alpha$ Gemi	7 31	+32 <sup>0</sup>	2 <sup>0</sup> A2 —	2 <sup>8</sup> A2 —		212 <sup>6</sup>	4 <sup>58</sup>	1926 <sup>2</sup>	306	1110
7	$\gamma$ Leon	10 17	+20 <sup>1</sup>	2 <sup>6</sup> K0 —	3 <sup>8</sup> G5 —		118 <sup>3</sup>	3 <sup>94</sup>	1925 <sup>4</sup>	407	1424
8	$\gamma$ Virg	12 39	-1 <sup>2</sup>	3 <sup>7</sup> F0 —	3 <sup>7</sup> F0 —		320 <sup>8</sup>	5 <sup>92</sup>	1923 <sup>8</sup>	180	1670
9	$\zeta$ UMa	13 22	+55 <sup>2</sup>	2 <sup>4</sup> A2 —	4 <sup>0</sup> A2 —		150 <sup>0</sup>	14 <sup>54</sup>	1925 <sup>2</sup>		1744
10	$\epsilon$ Boot	14 43	+27 <sup>3</sup>	2 <sup>7</sup> K0 žuta	5 <sup>1</sup> A0 zel.		333 <sup>3</sup>	2 <sup>87</sup>	1926 <sup>1</sup>		1877
11	$\alpha$ Herc	17 12	+14 <sup>5</sup>	3 <sup>5</sup> M5 nar.	5 <sup>4</sup> F9 zel.		111 <sup>0</sup>	4 <sup>62</sup>	1926 <sup>0</sup>		2140
12	$\epsilon_1 \epsilon_2$ Lyra	18 43	+39 <sup>6</sup>	5 <sup>1</sup> A3; 5 <sup>1</sup> A5	6 <sup>0</sup> A3; 5 <sup>4</sup> A5		6 <sup>1</sup> ; 117 <sup>3</sup>	3 <sup>18</sup> ; 2 <sup>64</sup>	1926 <sup>7</sup>		2389; 2383
13	$\beta$ Cygn	19 29	+27 <sup>9</sup>	3 <sup>2</sup> K0 žuta	5 <sup>4</sup> B0 mod.		54 <sup>7</sup>	34 <sup>56</sup>	1924 <sup>6</sup>		I 43
14	$\epsilon$ Drac	19 49	+70 <sup>1</sup>	4 <sup>0</sup> G2 —	7 <sup>6</sup> F5 —		11 <sup>9</sup>	3 <sup>26</sup>	1926 <sup>5</sup>		2603
15	$\gamma$ Diph	20 44	+15 <sup>9</sup>	4 <sup>5</sup> K2 žuta	5 <sup>5</sup> F6 zel.		269 <sup>9</sup>	10 <sup>63</sup>	1924 <sup>7</sup>		

18. EKLIPSNE PROMJENLJIVE ZVIJEZDE

Red. br.	Oznaka zvezde	Položaj 1950 <sup>0</sup>		Spektar	Prividna veličina	Glav. min.	Drugi min.	Trajanje eklipse	Period u danima P	Otkriće promjenljivosti
		Rektascenzija	Deklina. cija							
1	YZ Cass	h 0 41 <sup>6</sup>	+74 43	A3	m 5 <sup>6</sup>	m 6 <sup>01</sup>	m 5 <sup>67</sup>	h 16 <sup>1</sup>	d 4 <sup>46</sup> 7224	—
2	$\beta$ Pers	3 4 <sup>9</sup>	+40 46	B8	2 <sup>2</sup>	3 <sup>47</sup>	2 <sup>26</sup>	h 9 <sup>6</sup>	2 <sup>86</sup> 7315	Montanari 1607
3	$\lambda$ Taur	3 57 <sup>7</sup>	+12 21	B3	3 <sup>5</sup>	4 <sup>00</sup>	3 <sup>59</sup>	h 14 <sup>2</sup>	3 <sup>95</sup> 9952	Baxendell 1848
4	$\epsilon$ Auri	4 57 <sup>8</sup>	+43 45	cF2	3 <sup>73</sup>	4 <sup>53</sup>	—	730 dana	9853	Fritsch 1821
5	$\zeta$ Auri	4 58 <sup>7</sup>	+41 00	K5+B9	5 <sup>00</sup>	5 <sup>60</sup>	—	40 dana	972,15	Christie 1933
6	VV Orio	5 30 <sup>6</sup>	-1 12	B2n+B84	5 <sup>10</sup>	5 <sup>44</sup>	5 <sup>26</sup>	—	1 <sup>485</sup> 379	Miller Barr 1903
7	RR Lync	6 21 <sup>9</sup>	+56 19	A6s	5 <sup>60</sup>	5 <sup>97</sup>	5 <sup>83</sup>	h 9 <sup>3</sup>	9 <sup>94</sup> 50	—
8	WW Auri	6 28 <sup>8</sup>	+32 30	A7+A7	5 <sup>70</sup>	6 <sup>36</sup>	6 <sup>24</sup>	h 6 <sup>1</sup>	2 <sup>52</sup> 5014	Schwab 1918
9	R CMaj	7 16 <sup>5</sup>	-16 17	A0	6 <sup>24</sup>	6 <sup>84</sup>	6 <sup>29</sup>	h 4 <sup>4</sup>	1 <sup>135</sup> 938	Sawyer 1887
10	$\zeta$ Libr	14 57 <sup>7</sup>	-8 19	A1s	4 <sup>79</sup>	5 <sup>90</sup>	4 <sup>88</sup>	h 12 <sup>8</sup>	2 <sup>32</sup> 7340	Schmidt 1895
11	U Ophi	17 13 <sup>6</sup>	+1 16	B5n+B5n	5 <sup>80</sup>	6 <sup>50</sup>	6 <sup>40</sup>	h 3 <sup>2</sup>	1 <sup>67</sup> 7346	Gould 1871
12	u Herc	17 15 <sup>6</sup>	+33 09	B3+B3	4 <sup>6</sup>	5 <sup>14</sup>	4 <sup>80</sup>	—	2 <sup>05</sup> 1028	Schmidt 1869
13	$\beta$ Lyra	18 47 <sup>5</sup>	+33 19	B8p	3 <sup>4</sup>	4 <sup>30</sup>	3 <sup>80</sup>	—	12 <sup>02</sup> 9	Goodricke 1784
14	VV Ceph	21 55 <sup>3</sup>	+63 22	cM2ep+B	6 <sup>62</sup>	7 <sup>42</sup>	—	490 dana	7430	McLaughlin 1936

19. MINIMA ALGOLA ( $\beta$  PERSEI) 1952.

	h	m		h	m
3. januar	1	14	19. septembar	23	28
5. "	22	3	22. "	20	17
8. "	18	52	7. oktobar	4	22
23. "	2	57	10. "	1	11
25. "	23	46	12. "	22	0
28. "	20	35	15. "	18	49
15. februar	1	28	30. "	2	53
17. "	22	17	1. novembar	23	42
9. mart	0	0	4. "	20	31
11. "	20	49	19. "	4	36
21. "	22	31	22. "	1	25
18. april	3	25	24. "	22	14
16. juli	0	42	27. "	19	3
5. august	2	24	9. decembar	6	18
7. "	23	14	12. "	3	7
28. "	0	56	14. "	23	56
30. "	21	45	17. "	20	45
17. septembar	2	39	20. "	17	34

20. MINIMUMI  $\beta$  LYRAE 1952 GODINE

Januar		Februar		Mart		April	
dan	sat	dan	sat	dan	sat	dan	sat
2	9'0	10	3'9	7	0'6	1	21'2
15	7'3	23	2'2	19	22'9	14	19'5
28	5'6					27	17'8
Maj		Juni		Juli		August	
dan	sat	dan	sat	dan	sat	dan	sat
10	16'1	5	12'7	1	9'3	9	4'3
23	14'4	18	11'0	14	7'6	22	2'6
				27	5'9		
Septembar		Oktobar		Novembar		Decembar	
dan	sat	dan	sat	dan	sat	dan	sat
4	0'9	12	19'8	7	16'4	3	13'1
16	23'2	25	18'1	20	14'7	16	11'4
29	21'5					29	9'7

Navedeni su samo minimumi vidljivi kod nas, a izraženi u Srednjeevropskom vremenu.

21. SJAJNIJE KRATKOPERIODIČNE PROMJENLJIVE ZVIJEZDE  
(sjajnije cefeide)

Redni br.	Oznaka zvijezde	Položaj 1950'0		Spektar	Prividna veličina		Period u danima	Otkriće promjenljivosti
		Rektascenzija	Deklinacija		maksimuma	minimuma		
1	T Mono	h 6 22'5	+ 7° 07'	F7-K1	m 5'8	m 6'8	d 27'018	Gould 1871
2	RT Aur	6 25'3	+ 30 32	F1-G5	5'37	6'55	3'728201	Asbury 1905
3	t Gemi	7 01'1	+ 20 30	F7-G3	3'7	4'1	10'153527	Schmidt 1847
4	RE Lyr	19 23'8	+ 42 42	A2-F0	7'13	8'03	0'506835	-
5	η Aql	19 49'9	+ 0 53	F6-G4	3'69	4'40	7'176678	Piggott 1784
6	S Sgr	19 53'8	+ 16 31	F6-G5	5'8	7'0	8'382172	Gose 1885
7	T Vulp	20 40'4	+ 28 03	F5-G1	5'87	6'75	4'435378	Sawyer 1885
8	δ Cep	22 27'4	+ 58 09	F5-G2	3'78	4'63	5'366306	Goodricke 1787



22. SJAJNIJE DUGOPERIODIČNE PROMJENLJIVE ZVIJEZDE

Redni br.	Oznaka zvezde	Položaj 1950 <sup>0</sup>		Spektar	Granice promjene sjaja.	Period promjene sjaja	Maksimum 1952.	Otkriće promjenljivosti
		Rektascenzija	Deklinacija					
1	o Ceti (Mira)	h 2 16 <sup>m</sup> 8	— 3° 13'	M6e	2 <sup>0</sup> —10 <sup>1</sup>	331.48	sredinom maja	Fabricius 1596
2	R Tria	2 34 <sup>0</sup>	+ 34 01	M4e	5 <sup>4</sup> —12 <sup>0</sup>	265.91	početkom januara krajem septem.	Fleming 1890
3	U Orio	5 52 <sup>s</sup>	+ 20 10	M8e	5 <sup>2</sup> —12 <sup>9</sup>	373.19	sredinom marta	Gose 1885
4	R Leon	9 44 <sup>s</sup>	+ 11 40	M8e	4 <sup>4</sup> —11 <sup>6</sup>	313.13	krajem jula	Koch 1782
5	R UMaJ	10 41 <sup>2</sup>	+ 69 02	M4e	6 <sup>2</sup> —13 <sup>6</sup>	301.21	krajem aprila	Pogson 1853
6	T UMaJ	12 31 <sup>2</sup>	+ 50 46	M4e	6 <sup>4</sup> —13 <sup>5</sup>	256.61	sredinom aprila krajem decembra	Bonn 1860
7	R Hyda	13 26 <sup>9</sup>	— 22 56	M7e	3 <sup>5</sup> —10 <sup>9</sup>	387	sredinom augusta	Maraldi 1704
8	R Boot	14 34 <sup>9</sup>	+ 26 58	M4e	5 <sup>9</sup> —13 <sup>1</sup>	223.36	početkom januara sredinom augusta	Argelander 1853
9	R Sarp	15 48 <sup>4</sup>	+ 15 18	M7e	5 <sup>6</sup> —14 <sup>0</sup>	357.10	sredinom juna	Harding 1826
10	S Herc	16 46 <sup>6</sup>	+ 15 02	M6e	5 <sup>9</sup> —13 <sup>6</sup>	307.18	sredinom oktobra	Schönfeld 1876

23. SJAJNIJE NEPRAVILNO PROMJENLJIVE ZVIJEZDE

Redni br.	Oznaka zvezde	Položaj 1950 <sup>0</sup>		Spektar	Prividna veličina		Klasa	Period ili ciklus	Otkriće promjenljivosti
		Rektascenzija	Deklinacija		Maks.	Miu.			
1	γ Cass	h 0 53 <sup>7</sup>	+ 60° 27'	B0IIne	1.6	3.0	NI	50	Birt 1831
2	ρ Pers	2 02 <sup>5</sup>	+ 38 39	M4	3.2	3.8	SR	50	Schmidt 1854
3	α Orio	5 52 <sup>4</sup>	+ 7 24	cM2	0.4	1.3	SR	2070	J. Herschel 1840
4	η Gemi	6 11 <sup>9</sup>	+ 22 32	M3	3.1	3.9	SR	284	Schmidt 1865
5	U Mono	7 28 <sup>4</sup>	— 0 40	G5—K2	6.8	8.5	RV	92.26	Gould 1873
6	RS Canc	9 07 <sup>6</sup>	+ 31 11	M6	5.5	7.0	SR	253	Pickering 1903
7	R CorB	15 46 <sup>5</sup>	+ 28 18	cGOep	5.8	14.0	RCpB	100	Pigott 1795
8	X Herc	16 01 <sup>1</sup>	+ 47 22	M6	6.3	7.4	SR	80	Gose 1890
9	ε Herc	16 26 <sup>9</sup>	+ 42 00	M6	4.6	6.0	SR	80	Baxendell 1857
10	α Herc	17 12 <sup>4</sup>	+ 14 26	M5	3.0	4.0	SR	100	Herschel 1795
11	d Serp	18 24 <sup>6</sup>	+ 0 09	GO+A2	5.2	5.5	RV	144	Jendell 1894
12	R Scut	18 44 <sup>8</sup>	— 5 45	GO—M5	5.0	8.4	RV	130.6	Pigott 1795
13	W Cygn	21 34 <sup>1</sup>	+ 45 .10	M4e	5.0	7.6	SR	130.6	Gose 1885
14	μ Cep	21 42 <sup>0</sup>	+ 58 33	cM2e	3.6	5.1	SR	130.6	Hind 1848
15	φ Cass	23 51 <sup>9</sup>	+ 57 13	cF8—M2	4.1	6.2	RCpB?	1001	Wells 1901



24. SJAJNIJE NOVE ZVIJEZDE OD 1900 DO 1950.

Ime	God. pojave	Najveći prividni sjaj	Porast sjaja		Absolutni sjaj		Daljina god. svj.	Spektr. tip
			veličina	puta	najveći			
					M	☉ = 1		
Nova Persei	1001	m 0.2	m 13.5	2540000	m -8.0	140000	1400	Oem
Nova Lacertae	1010	4.6	8.5	2500	-7.2	63000	7250	Oem
Nova Geminae	1012	3.5	10.1	11000	-7.2	63000	4500	Oem
Nova Aquilae	1018	-1.1	12.5	1000000	-8.0	1400000	2150	Oem
Nova Cygni	1020	2.0	13.0	163000	-8.0	140000	3200	Oem
Nova Pictoris	1025	1.2	11.1	26000	-5.4	12000	740	---
Nova Herculis	1034	1.4	12.9	150000	-5.4	12000	840	---
Nova Lacertae	1036	2.1	13.0	160000	-8.0	140000	3400	---
Nova Puppis	1042	0.4	17.0	6300000	-8.0	140000	1540	Oem

25. SJAJNIJE PLANETARNE MAGLICE

Naziv	Zvijezde	Položaj 1950.0		Prividna veličina	Dimenzije		Temperatura (°K)	Gustoća (broj atoma u cm <sup>3</sup> )	Masa (☉ = 1)	Daljina (god. svj.)
		α	δ		Prividne	Promjer god. svj.				
1585	Erid	h 4 m	-12.9	m 8.8	20" X 17"	0.50	10000	7500	0.21	5600
1952	Taur	5 32	+22.0	8.5	4" X 6"	0.06	---	---	---	4000
2242	Hydr	10 22	-18.4	---	40" X 33"	---	---	---	---	12000
3387	U Maj	11 12	+33.3	11.1	22" X 16"	11.5	6000	10400	0.07	3500
6513	Drac	18 00	+65.0	7.6	16" X 13"	0.4	9200	10600	0.07	5300
6572	Ophi	18 09	+6.8	8.2	22" X 16"	0.35	---	---	---	5300
6720	Lyra	18 52	+37.0	8.9	83" X 59"	2.15	---	---	---	3400
6826	Cygn	19 43	+30.4	8.1	27" X 21"	0.45	7200	4000	0.12	3100
6853	Vu.p	19 58	+22.6	8.2	8" X 4"	8.0	9500	19000	0.08	3000
7009	Aqr	21 01	-11.6	---	25" X 12"	0.35	---	---	---	---
7292	Aqr	22 26	-21.1	---	15" X 12"	0.35	---	---	---	---
7062	Andr	23 23	+42.3	7.6	32" X 28"	0.61	16300	11500	0.06	3900

26. DIFUZNE MAGLICE

Naziv	Zvijezde	Položaj α	1950.0 δ	Prividna veličina	Promjer		Masa ☉ = 1	Daljina god. svj.
					Priv.	G. svj.		
Plejade M 45	Taur	h 3 m	+23.9	m 1.9	6	54	1.5	500
NGO 1976 M 42	Orio	5 33	-5.4	3.3	3	98	10.0	980
NGO 2068 M 78	Orio	5 44	+ 0.0	7.7	1	---	---	---
NGO 6514 M 20	Sgtr	17 59	-23.0	8.5	0.5	28	0.1	3200
NGO 6611 M 16	Serp	18 16	-13.8	---	0.6	74	1	7100
NGO 6618 M 17	Sgtr	18 18	-16.2	7.5	0.5	26	---	3000

27. TAMNI OBLACI

Zvijezde	Koordinate		Apsorpcija	Daljina god. svj.	Površina kvadratni stupnjevi	Promjer god. svj.	Masa ☉ = 1
	galakt.	ekval.					
Taurus	Galakt. 140-13	Ekval. a 3 δ 4.5 + 28	m 2.5 do 4	do 780	600	210	80
Orion	175-20	5.3 - 5	1	do 1300	---	---	---
Auriga	133-11	4.3 + 32	2.1	650 do 1000	---	---	---
Cepheus	68+2	21.9 + 57	0.9	490 do 800	450	550	1400
Cepheus	67+3	21.8 + 55	0.5	{ 650 do 1900	---	---	---
Cepheus	75+2	22.8 + 60	0.8 do 1.7	{ 650 i 2900	---	---	---
Oygnus	39-4	20.3 + 32	2	{ 650 do 2300	85	420	650
Cygnus	43-3	20.5 + 36	1.5	1900	---	---	---
Cygnus	46-4	20.8 + 38	2.4	2300	---	---	---
Cygnus	60+3	21.1 + 52	1.0 i 1.0	800 i 2000	---	---	---
Ophiuchus	320+4	17.6 - 25	2.0 i 2.3 do 4.0	{ 800 i 680 do 900	1050	26	120
Scutum	350-3	18.7 - 4	3.3	580 do 860	---	---	---

28. SJAJNIJA ZVJEZDANA JATA

Naziv		Zvijezde	Položaj 1950 <sup>u</sup>		Prividna veličina		Promjer		Daljina god. svj.	Opaska
NGO	Mess		$\alpha$	$\delta$	jata	najsja- nije zvij.	priv.	pravi god. svj.		
86 <sup>9</sup>	—	Pers	h m 2 16	0 +36 <sup>9</sup>	m 4 <sup>4</sup>	m 6	30'	40	4400	h Persei
884	—	Pers	2 19	+56 <sup>9</sup>	4 <sup>7</sup>	7	30'	40	4400	X Persei
Fljade	45	Taur	3 44	+24 <sup>0</sup>	1 <sup>6</sup>	3	—	20	500	Vlaškići
Hijade	—	Taur	4 17	+15 <sup>5</sup>	—	—	—	33	140	
2168	35	Gemi	6 06	+24 <sup>4</sup>	—	—	—	—	3000	
2244	—	Mono	6 39	+4 <sup>9</sup>	5 <sup>0</sup>	6	—	—	—	oko 12 Monocer.
2682	44	Canc	8 38	+20 <sup>2</sup>	3 <sup>7</sup>	6	95'	13	490	Prasepe-Jaskice
—	—	Coma	12 23	+53 <sup>3</sup>	2 <sup>7</sup>	5	250'	25	270	

29. SJAJNIJI KUGLASTI SKUPOVI

Naziv		Zvijezde	Položaj 1950 <sup>u</sup>		Prividna veličina		Promjer		Daljina godina svjetlosti	Aps. veličina M	Spektralni tip	Opaska
NGO	Mess		$\alpha$	$\delta$	skupa	najsja- nije zvijezde	prividni	pravi god. svj.				
5024	53	Coma	h m 13 11	+18 <sup>4</sup>	m 6 <sup>9</sup>	m —	15 <sup>8</sup>	310	59000	-8 <sup>4</sup>	F2	
5272	3	O Ven	13 40	+28 <sup>6</sup>	4 <sup>5</sup>	11	22 <sup>1</sup>	280	40000	-8 <sup>6</sup>	F5	
5904	5	Serp	15 16	+2 <sup>3</sup>	3 <sup>6</sup>	11	25 <sup>0</sup>	240	35000	-8 <sup>4</sup>	F6	15000 zvij.
8205	13	Here	16 40	+36 <sup>5</sup>	4 <sup>0</sup>	11	18 <sup>1</sup>	160	34000	-8 <sup>2</sup>	F7	30000 zvij.
6254	10	Ophi	16 55	-4 <sup>0</sup>	5 <sup>4</sup>	10	21 <sup>5</sup>	170	37000	-7 <sup>0</sup>	G0	
6341	92	Herc	17 16	+43 <sup>2</sup>	5 <sup>1</sup>	—	30 <sup>0</sup>	295	38000	-8 <sup>1</sup>	A9	
6656	22	Sgr	18 33	-23 <sup>9</sup>	3 <sup>6</sup>	—	34 <sup>7</sup>	230	22000	-8 <sup>3</sup>	F6	70000 zvij.
7080	2	Aqr	21 31	-1 <sup>0</sup>	5 <sup>0</sup>	—	16 <sup>9</sup>	220	45000	-8 <sup>6</sup>	F3	

30. PODACI O GALAKTIČKOM SUSTAVU

Promjer u galaktičkoj ravnini	92 000 godina svjetlosti
Promjer okomito na galakt. ravninu	16 000 „ „
Sploštenost	1 : 6
Promjer sustava kuglastih skupova i RR Lyrae zvijezda	160 000 „ „
Udaljenost Sunca od galakt. ravnine	49 „ „ sjeverno
Udaljenost Sunca od središta masa	32 600 „ „
Smjer od Sunca prema središtu masa	325° gal. duljine
Brzina rotacije sustava na mjestu Sunca	268 km sek
Smjer rotacije Sunca prema	55° gal. duljine
Trajanje rotacije na mjestu Sunca	230 000 000 godina
Masa u središtu	17×10 <sup>11</sup> masa Sunca
Ukupna masa	22×10 <sup>11</sup> masa Sunca
Prosječna gustoća masa	0.00285 sunca/kub. god. svj.
Prosječna gustoća masa (u cgs jed.)	7×10 <sup>-24</sup> g/cm <sup>3</sup>
Ukupna apsolutna veličina	-18 <sup>m</sup>

31. ZNAČAJNIJE GALAKSIJE

Naziv	Položaj 1950 <sup>0</sup>		Tip	Priv. m	Aps. M	Daljina g. s.	Promjer		Masa $\odot=1$	Sjaj $\odot=1$	Trajanje rotacije
	$\alpha$	$\delta$					pri-vidni	pravi god. svj.			
Vel. Magel. Oblak	h m 5 22	-69	Ir	m 0 <sup>5</sup>	m -15 <sup>9</sup>	86000	0 <sup>2</sup>	13000	—	—	—
Mali Magel. Oblak	0 59	-73	Ir	1 <sup>5</sup>	-14 <sup>5</sup>	95000	8	11800	—	—	—
NGC 6822	19 52	-14	Ir	11 <sup>0</sup>	-10 <sup>8</sup>	523000	0 <sup>3</sup>	3100	—	—	—
NGO 147	0 30	+47	E	12 <sup>1</sup>	-10 <sup>3</sup>	660000	0 <sup>23</sup>	2700	—	—	—
NGO 185	0 32	+48	E	11 <sup>8</sup>	-10 <sup>6</sup>	680000	0 <sup>24</sup>	2800	—	—	—
IC 1613	0 50	-2	Ir	10 <sup>9</sup>	-10 <sup>8</sup>	740900	0 <sup>3</sup>	3600	—	—	—
M 81	0 40	+41 <sup>0</sup>	Sb	4 <sup>5</sup>	-17 <sup>9</sup>	753000	3 <sup>2</sup>	42000	1 <sup>0</sup> ×10 <sup>11</sup>	1 <sup>7</sup> ×10 <sup>6</sup>	02
M 82	0 40	+40 <sup>6</sup>	E	9 <sup>4</sup>	-12 <sup>9</sup>	753000	0 <sup>05</sup>	820	—	—	—
NGO 205	0 40	+40 <sup>6</sup>	E5	10 <sup>8</sup>	-11 <sup>5</sup>	753000	0 <sup>25</sup>	3600	—	—	—
M 83	1 31	+30 <sup>4</sup>	Sc	6 <sup>9</sup>	-14 <sup>9</sup>	779000	1	14000	1 <sup>7</sup> ×10 <sup>9</sup>	1 <sup>4</sup> ×10 <sup>8</sup>	59
M 101	14 01	+54 <sup>6</sup>	Sc	8 <sup>8</sup>	-13 <sup>1</sup>	3000000	0 <sup>44</sup>	23500	—	—	—
M 81	9 52	+69 <sup>3</sup>	Sb	8 <sup>0</sup>	-16 <sup>0</sup>	2500000	0 <sup>3</sup>	13200	—	—	—
M 94	12 49	+41 <sup>4</sup>	S	9 <sup>0</sup>	-15 <sup>8</sup>	3000000	0 <sup>1</sup>	4400	—	—	—
M 51	13 28	+47 <sup>5</sup>	S	9 <sup>0</sup>	-15 <sup>8</sup>	3000000	0 <sup>2</sup>	10400	—	—	—
NGC 3115	9 10	+9 <sup>0</sup>	E7	9 <sup>8</sup>	-16 <sup>2</sup>	4900000	0 <sup>06</sup>	5500	9 <sup>0</sup> ×10 <sup>9</sup>	1 <sup>0</sup> ×10 <sup>8</sup>	4,5
NGC 4594	12 37	-11 <sup>3</sup>	Sa	9 <sup>2</sup>	-18 <sup>5</sup>	8000000	0 <sup>00</sup>	12700	3 <sup>5</sup> ×10 <sup>10</sup>	1 <sup>5</sup> ×10 <sup>9</sup>	20

32. SKUPOVI GALAKSIJA

Skup	Položaj 1950 <sup>0</sup>		Dimenzije	Broj galaksija	Radij. brzina km/sek	5 najsjaj-njih gal.	Daljina 10 <sup>6</sup> god. svj.	Promjer 10 <sup>6</sup> god. svj.	Broj galaksija u 35×10 <sup>6</sup> g <sup>s</sup>
	$\alpha$	$\delta$							
Virgo A	h m 12 26	+12 <sup>4</sup>	14°×10°	2500	1230	m 10 <sup>5</sup>	7 <sup>5</sup>	10	62
Pegasus	23 18	+7 <sup>9</sup>	1°	100	3810	12 <sup>9</sup>	23	3 <sup>6</sup>	145
Pisces	1 01	+30 00	18°×5°	120	4760	13 <sup>1</sup>	25	78	—
Perseus	3 16	+41 19	2°	500	3230	13 <sup>5</sup>	30	10 <sup>4</sup>	28
Cancer	8 17	+21 18	1°	150	4950	13 <sup>9</sup>	36	5 <sup>5</sup>	58
Coma	12 56	+28 14	12°	8900	7360	14 <sup>2</sup>	45	98	0,3
Ur. Maj I	11 44	+56 1	0 <sup>7</sup>	300	15300	16 <sup>1</sup>	98	11 <sup>7</sup>	13
Leo	10 25	+10 44	0 <sup>6</sup>	300	19600	16 <sup>3</sup>	108	10 <sup>7</sup>	16
Gemini I.	7 05	+34 59	0 <sup>5</sup>	200	23400	16 <sup>3</sup>	108	9 <sup>8</sup>	15
Cor. Bor.	15 20	+27 5	0 <sup>5</sup>	400	21200	16 <sup>5</sup>	117	10 <sup>4</sup>	24
Ur. Maj. II.	10 56	+57 3	0 <sup>2</sup>	200	42100	17 <sup>7</sup>	212	6 <sup>4</sup>	63
Bootes	14 31	+31 58	0 <sup>25</sup>	150	30200	17 <sup>9</sup>	229	10 <sup>1</sup>	10



## TUMAČ TABLICAMA

1. Prva tablica na str. 88 daje osnovne astronomske konstante, zatim slijede podaci o Suncu, Zemlji i Mjesecu. Peta tablica na str. 91 daje podatke o elementima staza Sunčeva sustava (vidi tumačenje na str. 78), šesta tablica (str. 92) podatke o velikim planetima, a sedma o njihovim satelitima (str. 93 i 94). Tablica osma na str. 95 i 96 donosi podatke o stazama periodičkih kometa, a na str. 97. u devetoj tablici su podaci o glavnim rojevima meteora, da bi se znalo kada se i gdje najčešće pojavljuju.

2. Deseta tablica sadrži popis zvijezda sa latinskim i hrvatskim nazivom, te pokratama: starije sa tri slova, i novije sa četiri slova prema zaključku Internacionalne astronomske unije (IAU) od 1932.

3. *Reductio ad locum apparentem*. U popisu srednjih mjesta osnovnih zvijezda do  $-30^\circ$  deklinacije, sjajnijih od 3<sup>m</sup>0 veličine, navedene su ekvatorske koordinate  $\alpha_0$ ,  $\delta_0$  za proljetnu točku u času 1952'0, koji pada 1'408 poslije ponoći 1. januara 1952. (Nove godine); u tom času počinje za astronome tropska godina. Osim toga navedeno je za svaku od tih osnovnih zvijezda godišnje vlastito gibanje  $\mu_\alpha$  i  $\mu_\delta$  u rektascenziji i deklinaciji.

Da se prijeđe od srednjega mjesta zvijezde, kako je zabilježeno u tom popisu, na prividno (app.) mjesto zvijezde u nekom času, služimo se postupkom, koji se temelji na Besselovim formulama:

$$\alpha_{app} = \alpha_0 + t \cdot \mu_\alpha + f + \frac{1}{15} g \cdot \sin(G + \alpha_0) \cdot \operatorname{tg} \delta + \frac{1}{15} h \cdot \sin(H + \alpha_0) \operatorname{sec} \delta$$

$\delta_{app} = \delta_0 + t \cdot \mu_\delta + g \cdot \cos(G + \alpha_0) + h \cdot \cos(H + \alpha_0) \sin \delta + i \cdot \cos \delta$ , a zove se: *reductio ad locum apparentem* (svodenje na prividno mjesto). Ovdje  $t$  znači vrijeme proteklo od časa 1952'0, izraženo u dijelovima tropske godine, a  $f, g, h, i, g, H$  veličine, koje su dane ili same ili svojim logaritmima u tablici: Konstante za redukciju 1952. za svaki deseti dan u mjesecu. Interpolacijom mogu se odatle naći vrijednosti tih veličina za koji drugi dan i čas.

*Primjer:* Neka se srednje mjesto zvijezde  $\alpha$  Leonis (Regulus) s koordinatama za 1952'0:  $\alpha_0 = 10^h 05^m 49^s 04$ ,  $\delta_0 = +12^\circ 12' 09'' 3$ , pretvori u prividno mjesto za datum 29. II. 1952. u 0<sup>h</sup> svjetskog vremena.

$G = 20^h 38^m 4$	$H = 19^h 29^m 2$ (Interpolacijom!)
$\alpha_0 = 10^h 05^m 8$	$\alpha_0 = 10^h 05^m 8$
$G + \alpha_0 = 30^h 44^m 2$	$H + \alpha_0 = 29^h 35^m 0$
$= 101^\circ 03' 0$	$= 83^\circ 45' 0$

$\log \frac{1}{15}$	8 8239
$\log \operatorname{tg} \delta_0$	9 3351
$\log \sin(G + \alpha_0)$	9 9919
$\log g$	1 0356

$\log \frac{1}{15} g \sin(G + \alpha_0) \operatorname{tg} \delta_0$	9 1865
$\log \cos(G + \alpha_0)$	9 2825 n
$\log g \cos(G + \alpha_0)$	0 3181 n

$\log i$	0 8815 n
$\log \cos \delta_0$	9 9901
$\log i \cos \delta_0$	0 8716 n

$\mu_\alpha$	- 0 003
$f$	+ 1 062

$\frac{1}{15} g \sin(G + \alpha_0) \operatorname{tg} \delta_0$	+ 0 154
--	---------

$\frac{1}{15} h \sin(H + \alpha_0) \operatorname{sec} \delta_0$	+ 1 288
---	---------

$\alpha_{app} - \alpha_0$	+ 2 501
$\alpha_{app}$	$= 10^h 05^m 51^s 54$

$\log \frac{1}{15}$	8 8239
$\log \operatorname{sec} \delta_0$	0 0099
$\log \sin(H + \alpha_0)$	9 9974
$\log h$	1 2788

$\log \frac{1}{15} h \sin(H + \alpha_0) \operatorname{sec} \delta_0$	0 1100
$\log \sin \delta_0$	9 3250
$\log \cos(H + \alpha_0)$	9 0369
$\log h \cos(H + \alpha_0) \sin \delta_0$	9 6407

$t$	0 1605
$\mu_\delta$	- 0 017
$\mu_\delta$	0 000

$\mu_\delta$	0 000
$g \cos(G + \alpha_0)$	- 2 080

$h \cos(H + \alpha_0) \sin \delta_0$	+ 0 437
--------------------------------------	---------

$i \cos \delta_0$	- 7 440
-------------------	---------

$\delta_{app} - \delta_0$	- 9 08
$\delta_{app}$	$= +12^\circ 12' 00'' 2$

**Napomena:** Ako isporodimo rezultat u ovom primjeru sa podacima velikih astronomskih godišnjaka za prividno mjesto  $\alpha$  Leonis na datum 1952. feb. 29'0, vidjet ćemo, da je rezultat točan do uključivo posljednje decimale.

4. U trinaestoj tablici na str. 105. su najbliže zvijezde do paralakse 0''200 t. j. do daljine od 5 parseka. Za bolje razumijevanje pojedinih podataka objasnimo ukratko glavne pojmove:

a) Starija jedinica za udaljenosti zvijezda je godina svjetlosti. To je put, što ga svjetlost pređe u 1 godini. Kako je brzina svjetlosti blizu 300 000 km u sekundi, to u 1 godini svjetlost prevali put od  $365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 300 000 = 9 46 \cdot 10^{12}$  km, t. j. blizu 10 bilijuna kilometara (uporedi tablicu »Mjere za daljine u astronomiji« u V. dijelu). Ta se jedinica i danas upotrebljava, kad se hoće zorno predočiti neka svemirska udaljenost.

Međutim u astronomiji se danas isključivo upotrebljava novija jedinica za udaljenost zvijezda, nazvana parsek, u pokratu pc. Taj naziv dolazi od riječi »paralaksa« i »sekunda«. 1 parsek je naime udaljenost zvijezde, koja ima paralaksu jednaku 1''. Prema formulama za paralaksu izlazi odnos 1 parsek =  $30 84 \cdot 10^{12}$  km = 3 26 god. svjetlosti (okruglo



31 bilijun kilometara). Ako udaljenosti računamo u parsekima, vrijedi sa-  
svim jednostavna formula  $d = \frac{1}{\pi''}$ , gdje je  $\pi''$  paralaksa dotičnog nebeskog tijela u kutnim sekundama. Veće su jedinice Kiloparsek (kpc) = 1000 pc, i Megaparsek (Mpc) = 1 000 000 pc, koje su potrebne kod spiralnih maglica (galaksija).

b) U toj se tablici nalaze navedene prividna i apsolutna veličina zvijezda. Jačinu sjaja zvijezda (njenu svjetloću) označavamo riječju »veličina«, te ta riječ ne znači ovdje dakako veličinu u geometrijskom smislu. *Prividna veličina* označava jačinu sjaja zvijezde kako se pričinja našem oku odn. kako djeluje na kakov instrument za mjerenje jačine sjaja (fotometar). Oznaka za prividnu veličinu je  $m$  od latinskog *magnitudo* = veličina, a savremena skala tih veličina prilagođena je najstarijim mjerenjima u starom vijeku. Za takovo određivanje veličina potrebno je, da omjer količina svjetlosti, koje primamo od zvijezda dviju uzastopnih veličina, bude stalan; čovječje oko tada naime osjeća stalnu razliku veličina. Odabrano je, da je jedna zvijezda za jednu veličinu svjetlija od druge, ako od prve primamo 2 i po puta veću količinu svjetlosti nego od druge. Pri tome treba paziti, da je veličina svjetlije zvijezde označena manjim brojem. Što je dakle veći broj  $m$ , kojim označujemo veličinu zvijezde, to nam ona slabije svijetli. Kako ima nebeskih tijela, koja svijetle jače nego prosječno najsjajnije zvijezde, produžen je niz veličina i preko prve veličine na negativne vrijednosti.

Točnije možemo te odnose izraziti ovako: neka su količine svjetlosti dviju zvijezda  $I_1$  i  $I_2$ , njihove prividne veličine  $m_1$  i  $m_2$ . Onda vrijedi formula  $I_1 : I_2 = 2.512^{(m_2 - m_1)}$ . Konstanta 2.512 odabrana je tako, da joj je dekadski logaritam upravo 0.4 (Pogson 1856.). Dakle imamo logaritmiranjem  $\log I_1 - \log I_2 = 0.4 (m_2 - m_1)$  ili obratno:  $m_2 - m_1 = 2.5 \cdot \log \frac{I_1}{I_2}$ .

*Apsolutna veličina* je veličina zvijezde, u kojoj bi nam se prikazala, kad bi bila u udaljenosti od 10 parseka. Poznato je, da se količine svjetlosti  $I_1$  i  $I_2$  dvaju nebeskih tijela, koja imaju isti stvarni sjaj, a nalaze se u udaljenostima  $r_1$  i  $r_2$ , odnose obratno kao kvadrati udaljenosti, t. j.  $I_1 : I_2 = r_2^2 : r_1^2$ . Ako su im prividne veličine  $m_1$  i  $m_2$ , onda je po Pogsonovoj formuli  $I_1 : I_2 = 2.512^{(m_2 - m_1)}$ . Dakle izlazi:  $r_2^2 : r_1^2 = 2.512^{(m_2 - m_1)}$ . Uzmimo sad zvijezdu prividne veličine  $m$  i udaljenosti  $r$  parseka, t. j. paralakse  $\pi'' = 1/r$ . Ako je zamislimo smještenu u udaljenosti od 10 parseka, ona bi nam se prikazala u apsolutnoj veličini  $M$ . Prema tome slijedi iz gornje formule  $10^2 : r^2 = 2.512^{(M - m)}$  ili logaritmiranjem  $2 - 2 \log r = 0.4(M - m)$ , dakle  $M - m = 5 - 5 \log r$ . No  $\log r = -\log \pi''$ , te ovu formulu za prijelaz od apsolutnih na prividne veličine i obratno možemo pisati i  $M - m = 5 + 5 \log \pi''$ . (Uporedi tablicu u V. dijelu).

c) Dalje je u tablici naveden i *spektralni tip* zvijezde po Harvard-klasifikaciji sa decimalnom podrazdiobom pojedinih razreda.

Prirodna svjetlost, koja nam dolazi od nebeskih tijela, uvijek je smjesa od manje ili više jednostavnih boja. Kao što svakom jednostavnom muzičkom tonu pripada određeni broj titraja, što ih izvor tona izvrši u 1 sekundi (t. zv. frekvencija) — tako i svakoj jednostavnoj boji pripada određeni broj titraja izvora svjetlosti. Samo što tu frekvencije atoma, koji

isijavaju svjetlost, iznose bilijune u 1 sekundi. Od kojih je jednostavnih boja svjetlost nebeskog tijela sastavljena, koje su dakle frekvencije titranja atoma u tom tijelu, može se ispitati pomoću *spektra* te svjetlosti.

U spektru neke svjetlosti nanizane su jedna uz drugu boje, od kojih se ta svjetlost sastoji (I. Newton 1666.). Taj niz boja dobijemo, ako staklenom prizmom ili optičkom mrežicom ili kojim drugim nač. nom odvojimo jednu od druge zrake različite boje, tako da svaka boja napose osvijetli jednu plohu redovno sliku osvijetljene uske pukotine; ta je slika uska pruga — linija. Bijela je svjetlost smjesa svih boja, koje uopće postoje. One se mogu svrstati po glavnim bojama u niz: crvena, narančasta, žuta, zelena, modra, ljubičasta.

Razlikujemo dvije osnovne vrste spektara: emisijski i apsorpcijski. Emisijski spektar je svijetli spektar svjetlosti, koji od izvora dolazi neposredno k nama. Te emisijske spektre dijelimo dalje u neprekidni (kontinuirani) spektar i u linijski spektar. U neprekidnom spektru je svijetli niz boja neprekidno, tako da jedna boja prelazi u drugu. Takav je spektar bijele svjetlosti, koja dolazi od usijanog krutog ili tekućeg tijela, odn. plina pod vrlo velikim tlakom. Naprotiv u linijskom spektru imamo niz pojedinih, razno obojenih linija, odvojenih međusobno tamnim prostorom. Linijski spektar dolazi samo od užarenih plinova.\*

Apsorpcijski spektar nastaje, ako svjetlost — koja bi dala neprekidni spektar — prolazi kroz tvar, koja pojedine vrste svjetlosti guta. U svjetlosti nakon prolaza tom tvari onih vrsta svjetlosti, koje su progutane, ili ne će biti ili će biti oslabljene. U spektru takove svjetlosti pojavit će se stoga tamne pruge. Prvih 7 takovih linija u Sunčevu spektru vidio je W. H. Wollaston 1802., a podrobno ih je ispitao i klasificirao A. Fraunhofer 1814., te se po njemu i zovu Fraunhoferove linije. Potpuni fotografski atlas Sunčeva spektra, dug 13 m sa 20 000 apsorpcijskih linija, dao je H. A. Rowland 1886. Na kraju V. dijela ovdje je dana tablica najvažnijih Fraunhoferovih linija Sunčeva spektra.

Spektralna analiza (Kirchhoff i Bunsen 1859.) temelji se na Kirchhoffovu zakonu: moć izjarivanja nekog tijela za svjetlost određene boje razmjerna je njegovoj moći apsorpcije za istu boju kod iste temperature. — Pri tome se točno mjesto, na kojem stoji neka spektralna linija u spektru, označava ili frekvencijom ili duljinom vala, koji nastaje širenjem svjetlosti te frekvencije. Ako je  $c$  brzina širenja valova,  $\lambda$  duljina vala,  $\nu$  frekvencija, onda vrijedi relacija  $\lambda \cdot \nu = c$ .

Iz Kirchhoffova zakona ponajprije vidimo, da kod određene temperature svakom kemijskom elementu, kad u plinovitom stanju izaruje svjetlost, pripada za njega karakteristični linijski spektar, po kojem se on može sa sigurnošću razlikovati od drugih kemijskih elemenata. Ako svjetlost izaruje smjesa plinova, onda spektar sadržava linijske spektre svih elemenata smjese. Stoga je moguće ispitivanjem spektra plinovitog tijela saznati, od kojih se elemenata ono sastoji.

Koje će se pak pruge, apsorpcijske linije, javiti u apsorpcijskom spektru, vidimo opet iz Kirchhoffova zakona: neka tvar guta od svjetlosti, koja kroz nju prolazi, upravo one boje, koje bi ta tvar sama izarivala. Ako je ta tvar usijani plin, onda će se u apsorpcijskom spektru javiti tamne linije na mjestu, gdje bi taj plin dao svoj svijetli karakteristični



emisioni spektar. Prema tome spektralna analiza može iz apsorpcionih spektara saznati sastav plina, kojim je svjetlost prošla.

Ispitivanje neprekidnog spektra u pogledu jačine (energije), koju ima svjetlost u pojedinim dijelovima spektra, pokazuje da je mjesto najveće energije u spektru to bliže ljubičastom kraju spektra, što je viša temperatura izvora svjetlosti. Kod najniže temperature, kod koje tijela uopće izdaju svjetlost (oko 500°C), izdarena svjetlost je crvena jer je razvijen samo crveni kraj spektra. Kod viših temperatura boja postaje žuta, da kod nekih 1600°C pređe u potpuno bijelu svjetlost. Daljnjim porastom temperature ne mijenja se bijela boja, no u spektru sve više ojačava ljubičasti kraj.

Spektar je danas poznat kod više od 300 000 zvijezda. Kod proučavanja ovih spektara iskače jedna važna činjenica: kod velike većine ispitanih zvijezda, oko 99%, spektar je sličan spektru našeg Sunca. Sastoji se dakle od svijetlog neprekinutog spektra, u kojemu ima mnoštvo tamnih apsorpcionih linija, one odgovaraju Fraunhoferovim linijama u Sunčevu spektru. Ova nam činjenica dokazuje, da su zvijezde doista tijela nalik na naše Sunce, da je naše Sunce zaista jedna između zvijezda.

Spektri zvijezda pokazuju međutim — naročito kod apsorpcionih linija — i karakteristične razlike, po kojima se mogu svrstati u pojedine razrede. Prvu spektralnu klasifikaciju dao je A. Secchi 1863. Današnja Harvard-klasifikacija nastala je iz početnih radova E. C. Pickeringa 1890, prigodom izdavanja velikog Henry-Draper-kataloga zvijezda. Sadašnji je oblik dobila u osnovi od Miss Cannon 1901. Niz Harvard-razreda glasi

W, O, B, A, F, G, K, M;

Svaki se razred dijeli dalje decimalno, na pr. B5, G2 i t. d. Ovom nizu prethode još dva osobita tipa: P (svijetli linijski emisioni spektar t. zv. planetarnih maglica) i Q (promjenljivi spektar t. zv. novih zvijezda). Glavne oznake pojedinih spektralnih tipova su:

- W: Wolf-Rayet-zvijezde; osobito bijele zvijezde sa svijetlim emisionim linijama na jakom neprekidnom spektru  
 O: Bijele zvijezde osobito svijetlog neprekidnog spektra  
 B: Helijev tip; bijele zvijezde s izrazitim apsorpcionim linijama helija. Predstavnik: Rigel, Spica (vidi tablicu najsajnijih zvijezda)  
 A: Vodikov tip; bijele zvijezde s izrazitim vodikovim linijama, dok su helijeve nešto slabije. Predstavnik: Sirius, Vega  
 F: Kalcijev tip; žute zvijezde sa jačim metalnim linijama, među kojima se naročito ističu kalcijeve linije H i K. Predstavnik: Procyon  
 G: Sunčev tip; žute zvijezde jakih metalnih linija (željezo). Predstavnik: Sunce, Capella  
 K: Metalni tip; crvenkaste zvijezde sa brojnim metalnim linijama; javljaju se počeci vrpčastih spektara molekula kemijskih spojeva, najvećma titanoksida TiO. Predstavnik: Arcturus, Aldebaran.  
 M: Titanoksidov tip; ljubičasti kraj spektra znatno je oslabljen jakim nizovima (vrpcama) titanoksida. To daje zvijezdama ovog tipa osobito crvenu boju. Predstavnik: Antares, Betelgeuse.  
 Ovaj Harvardov niz završavaju osobite a rijetke vrste R, N, S vrlo crvenih zvijezda niske temperature (u razredu N do 1300°C, to su naj-

hladnije zvijezde koje još vidimo), sa jakim vrpčastim molekularnim spektrima cirkonova oksida odn. ugljikovih spojeva.

Niz Harvard-spektralnih tipova razvrstava zvijezde istodobno i prema površinskoj temperaturi, o kojoj ovisi karakter izdarene svjetlosti. Na najvišoj su temperaturi zvijezde P, Q, W razreda, na najnižoj M, odn. R, N, S. Sasvim okruglo možemo upamtiti vezu površinskih temperatura i spektralnih razreda po shemi:

Razred	O	B	A	F	G	K	M
Temperatura °C	30 000	15 000	10 000	7000	5500	4000	3000

(Sunce ima površinsku temperaturu oko 6000°C; spada u razred G2). Uz oznaku razreda i decimalnog podrazreda stavljaju se još razne pobliže oznake. U našoj tablici dolaze naprijed c, što znači osobito jak sjaj; iza slova oznaka e znači da u spektru ima svijetlih, emisionih linija; oznaka p — upućuje na neku osobitost svojstvenu baš ovome spektru.

Za ostale pojmove u tablici uporedi još slijedeća objašnjenja.

5. Tablicu najsajnijih zvijezda (str. 107) mogli bismo dopuniti do 20 sjajnim zvijezdama južnije od  $-30^\circ$  južne deklinacije, koje se kod nas ne mogu vidjeti:

			m	
1 <sup>a</sup>	Canopus	$\alpha$ Car	0'86	( $\delta = -52^\circ 40'1$ )
1 <sup>b</sup>	Toliman	$\alpha$ Cent	0'06	( $\delta = -60^\circ 37'8$ )
6 <sup>a</sup>	Ahernar	$\alpha$ Erid	0'60	( $\delta = -57^\circ 29'4$ )
6 <sup>b</sup>	Agna	$\beta$ Cent	0'86	( $\delta = -60^\circ 08'0$ )
8 <sup>a</sup>	Acrux	$\alpha$ Cruc	1'05	( $\delta = -62^\circ 49'3$ )

No u toj tablici imamo još podatke o gibanjima zvijezda i njihovim brzinama. Naime ponovljenim točnim određivanjem položaja zvijezda stajačica na nebu pomoću njihovih koordinata utvrđeno je, da zvijezde stajačice i nisu stajačice, nego da se — iako vrlo polako za nas — gibaju po nebeskom svodu. Iznos, za koliko neka zvijezda promijeni svoj položaj na nebu u jednoj godini, zove se njezino vlastito gibanje  $\mu$ . Taj iznos je vrlo sitan, iznosi većinom ispod 1" i određen je za razmjerno malen broj zvijezda. Vlastito gibanje možemo rastaviti u dvije komponente, u vlastito gibanje u rektascenziji ( $\mu_\alpha$ ) i deklinaciji ( $\mu_\delta$ ) (usporedi tablicu »srednja mjesta osnovnih zvijezda«). Vlastito gibanje je okomito na smjer zrake doglednice, koja spaja naše stajalište sa zvijezdom. Ako se pak zvijezda giba u smjeru same zrake doglednice, to je *radijalno gibanje*. Pri tome se brzina tog gibanja određuje u km po sekundi na temelju Dopplerova principa iz pomaka spektralnih linija u spektrima zvijezda.

Mjesto pojedine spektralne linije u spektru određeno je brojem titraja (frekvencijom) ili preko relacije  $\lambda \cdot \nu = c$  duljinom vala te svjetlosti. Pomak tih spektralnih linija radi gibanja zvijezde pokazuje, da je u primljenoj svjetlosti promijenjen broj titraja (odn. duljina vala). Slična se pojava može zapaziti kod zvuka. Stoji li motritelj pokraj pruge, a približava mu se lokomotiva, koja zviždajkom daje znak — čut će motritelj do časa, kada lokomotiva stigne do njega, viši ton nego kod mirne lokomotive. Kad se zatim lokomotiva prošavši kraj njega udaljuje, čuje niži ton. Neka je brzina lokomotive 20 metara po sekundi, te neka je udaljenost lokomotive od motritelja u jednom trenutku upravo 333 m,



dakle jednaka putu, što ga zvuk prođe u 1 sekundi. Kad prođe od tog trenutka 1 sekunda, nalazi se lokomotiva od motritelja  $333 - 20 = 313$  m daleko. Broj titraja u sekundi, koji određuje visinu tona zviždaljke, neka je 500. Kad bi lokomotiva mirovala relativno prema motritelju, čuo bi on zvuk frekvencije 500. Ako se lokomotiva približava, smanjuje se tokom razmatrane sekunde razmak između lokomotive i motritelja, te svih 500 titraja ne će više trebati čitavu sekundu da stignu do motritelja, jer dok prvi titraj na početku sekunde treba da pređe 333 m, posljednji titraj ima da prevali samo 313 m. Kako motritelj primi svih 500 titraja u vremenu manjem od 1 sekunde, to će u cijeloj sekundi primiti više od 500 titraja, pa će broj primljenih titraja biti povećan u omjeru udaljenosti na početku i kraju sekunde  $333 : 313$ , t. j. ton zviždaljke imat će za motritelja broj titraja

$\frac{333}{313} \cdot 500 = 532$ . Kad se lokomotiva udaljuje od motritelja, titraj na kraju jedne sekunde pređe put za 20 m veći nego li titraj na početku te sekunde. Sada će svih 500 titraja biti primljeno u vremenu većem od 1 sekunde, a u 1 sekundi bit će prema tome frekvencija manja od 500, t. j. upravo  $\frac{333}{333 + 20} \cdot 500 = 472$ .

Prema tome povećanje odn. smanjenje frekvencije u slučaju relativnog gibanja izvora zvuka prema motritelju stoji do brzine širenja zvuka  $c$  i relativne brzine izvora zvuka prema motritelju  $v$ . Prema našem primjeru je promijenjeni broj titraja kod približavanja  $n' = \frac{c}{c - v} \cdot n$ , a kod

udaljavanja  $n'' = \frac{c}{c + v} \cdot n$ , gdje je  $n$  osnovni broj titraja izvora zvuka. Obratno iz promjene frekvencije možemo naći relativnu brzinu  $v = c \cdot \frac{n' - n}{n'}$  odn.  $v = c \cdot \frac{n - n''}{n''}$ . Da to obuhvatimo jednom formulom, označavamo brzine kod približavanja sa minus, kod udaljavanja sa plus.

Čitavo ovo zaključivanje vrijedi za svako valovito gibanje, dakle i za svjetlost, samo što tu dolaze bilijuni titraja u 1 sekundi, a i najveće su brzine gibanja zvijezda prema brzini same svjetlosti još vrlo male. Znademo da ljubičastom kraju spektra odgovaraju veće frekvencije (manje duljine vala), crvenom kraju manje frekvencije (veće duljine vala). Dakle pomak spektralne linije prema ljubičastom kraju spektra znači da se izvor svjetlosti nama približava, dok pomak prema crvenom kraju znači, da se od nas udaljuje. Taj pomak linija zove se *Dopplerov efekt*, a mjeri se obično kao promjena duljine vala  $\Delta\lambda$ , pa naša formula daje

$v = -c \cdot \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$ . Na ovu je pojavu prvi upozorio Chr. Doppler 1842., no ispravno tumačenje i primjenu, kao i eksperimentalnu potvrdu kod zvuka dao je Fizeau 1848. Kod svjetlosti je tu pojavu eksperimentalno utvrdio tek Aristarh Bjelopolski 1900.

Znademo li konačno još i udaljenost zvijezde od nas, možemo i vlastito gibanje izraziti u km po sekundi, i to zovemo transverzalnom brzinom. Radijalno i transverzalno gibanje su komponente pravog pro-

stornog gibanja zvijezda, naravno mjereno relativno prema našem stajalištu (uzima se prema sred.štu Sunca).

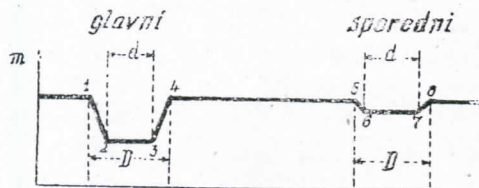
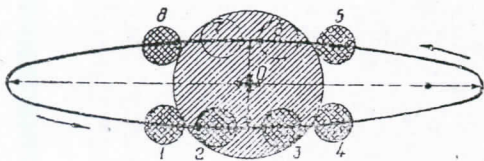
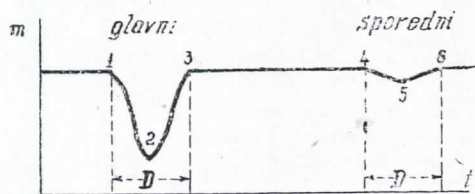
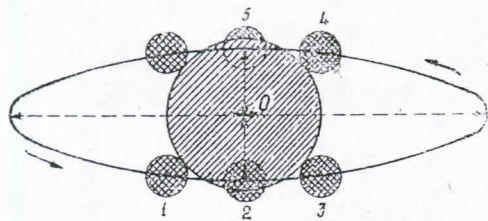
6. U tabl. na str. 108 i 109 navedene su zvijezde sa najvećim vlastitim gibanjem i zvijezde sa najvećim radijalnim gibanjem. Osnovno objašnjenje dato je u prošloj točki. Kod vlastitog gibanja naveden je pozicioni kut smjera gibanja. *Pozicioni kut* jest kut, što ga zadani smjer tvori sa krugom deklinacije kroz dotičnu zvijezdu, a računa se uvijek od sjevera preko istoka, juga i zapada od  $0^\circ$  do  $360^\circ$ .

7. Dalje slijedi tablica petnaest najsajnijih dvojnih zvijezda. Upotrebom dalekozora brzo je bilo otkriveno, da se mnoge zvijezde, koje su za prosto oko jednostavne, u dalekozoru vide kao dvije, jedna drugoj bliske zvijezde. Utvrđeno je pomnijim mjerenjima, da to u mnogo slučajeva nije slučajno bliz prividni položaj na nebu (t. zv. optičke dvojne zvijezde), nego da su to dvojne ili binarne zvijezde. To su dvije (ili više) zvijezde, koje se gibaju pod utjecajem uzajamnog privlačenja po Newtonovom zakonu gravitacije (W. Herschel 1803.). Dvojne zvijezde, kod kojih se dalekozorom može utvrditi binarni karakter, zovu se vizuelne dvojne zvijezde. Danas ih je poznato oko 20 000. Ophodno vrijeme ili period označuje razmak vremena, u kojem se obje zvijezde — koje zovemo komponentama dvojnog sustava i označavamo sa A B — opet vrate u isti međusobni položaj na nebu. Kod vizuelnih dvojnih zvijezda označava pozicioni kut kut spojnice slabije komponente prema sjajnijoj sa krugom deklinacije kroz sjajniju komponentu. Navodi se za određeni čas godine, t. zv. epohu. Kao prvu vizuelnu dvojnju zvijezdu motrio je Riccioli 1650. M.zar (š UMaj). Dvojne su zvijezde i Capella, Sirius, Procyon, Castor i t. d.

Ima dvojnih zvijezda, kod kojih su komponente jedne drugoj tako blizu, da ih ni u najjačem dalekozoru ne možemo vidjeti rastavljene. Ipak se kod njih može binarni karakter utvrditi spektroskopom po pomicanju spektralnih linija sa pravilnim periodom, a na temelju Dopplerova principa (uporedo točku 5. ovdje). To su spektroskopske dvojne zvijezde. Takova je na pr. sjajnija komponenta vizuelne dvojne zvijezde Mizar A, kojoj je binarni karakter utvrdio spektroskopom E. C. Pickering 1889.

Eklipsne promjenjive ili fotometrički dvojne su one zvijezde, kod kojih (uglavnom veoma pravilne) promjene sjaja nastupaju uslijed periodičnih međusobnih zaklanjanja komponenta jednog tijesnog dvojnog sistema. Očigledno je za to potrebno, da ravnina staze prolazi prbližno kroz Zemlju. Shematski su pojava i tok promjene (krivulja sjaja) prikazani na sl. 1 a, b. Vidi se, da treba razlikovati dva minimuma sjaja: glavni, dublji, kada je zaklonjena sjajnija zvijezda i drugi (ili sporedni), plići, kada je zaklonjena slabija zvijezda. U tablici su dane vrijednosti sjaja izvan pomrčine, u glavnom i drugom minimumu. Ovaj posljednji ponekad je jedva vidljiv (na pr kod zvijezda br. 2 ili 9), dok kod drugih nije ni izmjeren (zvijezde br. 4, 5 i 14). — Naredni stubac daje trajanje zaklanjanja sjajnije zvijezde slabijom. Ukoliko je pomrčina samo djelomična, sjaj u određenom trenutku dostiže najnižu vrijednost a zatim odmah raste (primjer; sl. 1 a Algol). Ako je pomrčina prstenasta (sl. 1 b),

sjaj je u minimumu neko vrijeme konstantan. Ovaj slučaj imamo kod zvijezda br. 1, 4, 5 i 14, gdje trajanje faze konstantnog sjaja respektivno iznosi (vrijednosti su zaokružene): pet sati, godinu dana, pet sedmica, petnaest mjeseci. — Ukoliko su komponente veoma bliske, bit će one zbog

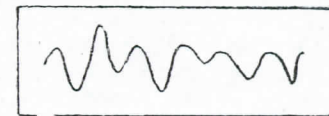
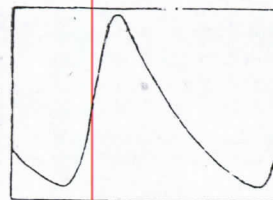


Sl. 1. Pojave kod eklipsnih promjenljivih zvijezda (shematski).  $D$ : trajanje eklipse;  $d$ : trajanje prstenaste pomrčine (faze konstantnog sjaja). (Iz: G. Armellini, *Astronomia Siderale*, II).

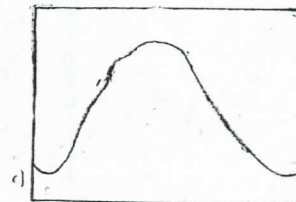
gustoće komponentata. — Pojava emisijskih linija u spektrima nekih fotometričkih dvojnih (na pr. kod  $\beta$  Lyrae) tumači se stalnim istjecanjem materije sa površine zvijezda uslijed uzajamnog privlačenja i velike brzine rotacije.

uzajamnog privlačenja nešto izduženog, približno elipsoidnog oblika, a orijentirane tako, da su im ispučenja okrenuta jedno drugome. Jasno je, da tada sjaj neće biti stalan ni u razmaku između dvije pomrčine, jer će se ukupna površina zvijezda okrenuta promatraču mijenjati u toku obilaska. Ovakav slučaj imamo na pr. kod zvijezda br. 6, 12 i 13. — Ako su staze komponentata eliptične (što se na krivulji sjaja u općem slučaju odražava nesimetričnim položajem sporednog minimuma u odnosu na glavne) imat će zbog dopunskog uzajamnog zagrijavanja i odbijanja svjetlosti u vrijeme najvećeg približenja (periastron) krivulja sjaja još složeniji izgled. — Na snimcima spektara nekih zvijezda vide se spektri obaju komponentata (zvijezde br. 5, 6, 11, 12 i 14). Radijalne brzine bit će uslijed kretanja oko zajedničkog težišta očigledno promjenjive (ove su zvijezde, dakle, istovremeno i spektroskopski dvojne). Ispitujući uporedo promjene sjaja i promjene radijalne brzine mogu se odrediti pravi razmjeri sistema i njegovih komponentata, te mase i

8. Kratkoperiodične promjenjive-cefeide predstavljaju možda najznačajniju klasu fizički promjenljivih zvijezda, t. j. takvih, kod kojih promjene sjaja nastupaju uslijed fizičkih procesa u samoj zvijezdi. Na sl. 2a data je krivulja sjaja jedne cefeide. Promjenjive ovog tipa dijele se po dužini perioda na dvije jasno odvojene grupe. Kod jednih (tip RR Lyrae, br. 4) promjena sjaja traje oko pola dana, kod drugih od nekoliko dana do nekoliko desetaka dana (tip  $\delta$  Cephei). Prve pripadaju spektralnim klasama A i F, druge pak klasama F i G. Uporedo sa promjenom sjaja teče promjena spektra zvijezde: kada je slabijeg sjaja, zvijezda pripada kasnijoj klasi (na pr.  $\eta$  Aquilae u maksimumu F6, u minimumu G4), te je crvenije boje i niže temperature. Po apsolutnom sjaju se pro-



Krivulje promjene sjaja nekih fizički promjenljivih zvijezda (shematski). Sl. 2a: cefeida. Period: nekoliko dana; amplituda; oko jedne priv. vel.; sl. 2b: tip RV Tauri. Period: stotinu dana; amplituda: 2–3 priv. vel.; sl. 2c: tip  $\alpha$  Ceti. Period: nekoliko stotina dana; amplituda: 6–8 priv. vel. (podaci predstavljaju red veličine).



mjenjive podgrupe RR Lyrae ne razlikuju mnogo između sebe. To su sve apsolutno veoma sjajne zvijezde, sjajnije od nulte veličine. Zvijezde tipa  $\delta$  Cephei također su apsolutno sjajne, i to između srednje apsolutne veličine i trajanja promjene sjaja postoji tijesna veza, koja omogućuje da se iz jedne veličine odredi druga (veza sjaj-period, koju je otkrila Miss Leavitt). — Pr je se smatralo, da se zvijezde tipa RR Lyrae susreću samo u kuglastim (globularnim) skupovima, zbog čega su ih nazivali cluster-variables (engl. cluster = jato, skup). Danas se zna, da se one susreću svugdje na nebu, dok se promjenjive tipa  $\delta$  Cephei susreću samo duž pojasa Kumovske Slame.

Kod dugoperiodičnih (tip  $\alpha$  Ceti) promjenljivih se dužine perioda kreću od stotine do više stotina dana, pri čemu su najčešći periodični od oko 300 dana. Periodi nisu strogo konstantni. Amplitude promjene sjaja ili razlika između prividne veličine u minimumu i maksimumu iznosi kod njih šest do sedam veličina ali nema uvijek istu vrijednost (u tablicu su unijete krajnje vrijednosti, koje su promatrane). Ona je veća za zračenja, koja utječu na fotografsku ploču, dok se ukupno zračenje u toku jednog perioda razmjerno samo malo mijenja. I ove su zvijezde velikog apsolutnog sjaja, a pripadaju skoro isključivo spektralnoj klasi M. U doba maksimuma u spektru se javljaju emisijske linije vodika i metala (sufiks



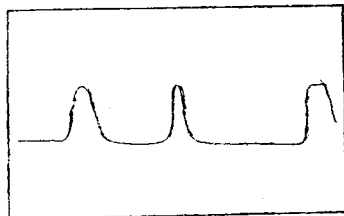
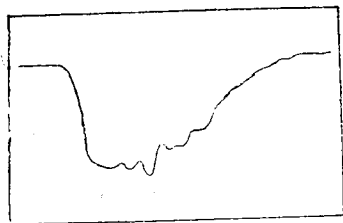
e u podatku o spektru). I kod ovih zvijezda postoji koncentracija k pojasu Kumovske Slame, samo je ona slabije izražena, no kod cefeida. Duž pojasa Kumovske Slame nisu raspoređene ravnomjerno, nego ih je znatno više u pravcu k središtu Galaksije (k zviježđu Strijelca).

I po dužini perioda i po drugim nekim osobinama predstavljaju promjenljive tipa RV Tauri prijelaz između cefeida i dugoperiodičnih (zvijezde br. 5 i 12 u tablici nepravilno promjenljivih). Tok promjene sjaja prikazan je na sl. 2 b. Primijetite, kako se u toku vremena izmjenjuju duboki i slabi minimumi. Promjene sjaja su kod ovih zvijezda daleko manje pravilne no kod dugoperiodičnih, a pogotovu manje pravilne no kod cefeida. Specijalno se kod *R Scuti* javljaju u toku vremena mnoge nepravilnosti.

Sve spomenute fizički promjenljive zvijezde apsolutno su veoma velikog sjaja. Spomenimo još, da između perioda i spektra postoji dosta jasno izražena veza: zvijezde početnih spektralnih klasa imaju kraće periode, zvijezde završnih pak duže. Pri tom kod zvijezda tipa RV Tauri treba za vrijednost perioda usvojiti razmak između dva uzastopna minimuma (fundamentalni period), iako se sjaj na prvobitnu vrijednost vraća tek po isteku približno dvaput dužeg vremena (formalni period).

U stupcu »klasa« naše posljednje tablice stoji za većinu zvijezda podatak SR, što znači, da pripadaju klasi polu-pravilnih promjenljivih. Ne ulazeći u podrobniju klasifikaciju spomenimo samo, da promjene sjaja imaju kod njih veoma nepravilan karakter, a ponekad i sasvim izostanu. Kod nekih se može govoriti jedino o srednjoj vrijednosti perioda (zvijezde br. 2 i 8) ili ciklusu.

Zvijezda br. 7 — *R Coronae Borealis* predstavnik je malobrojne ali veoma zanimljive grupe promjenljivih. Njen je sjaj obično stalan ili



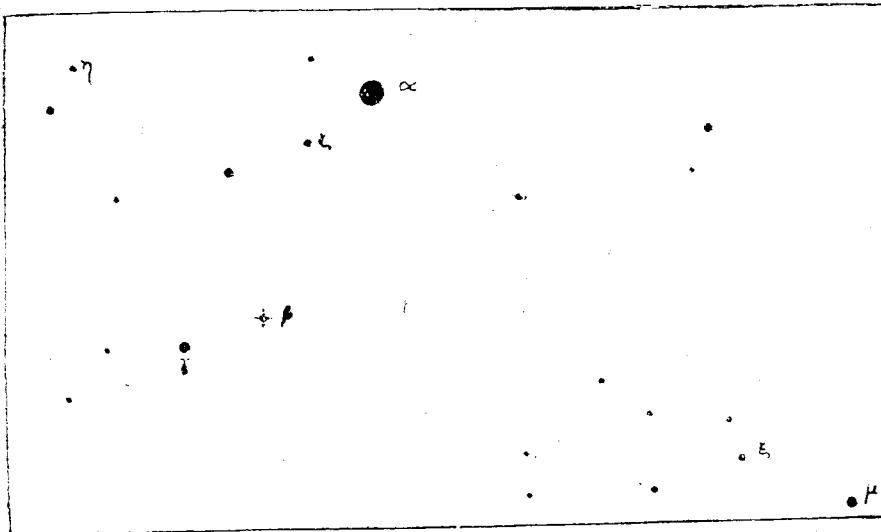
Krive promjene sjaja nepravilno promjenljivih zvijezda (shematski). Sl. 3a: promjenljiva tipa *R Coronae Borealis*. Amplituda:  $\mu$  više od 8 priv. vel. sl. 3b: promjenljiva tipa Novoida (tip *SS Cygni* ili *U Geminorum*). Amplituda zavisi od ciklusa: većoj amplitudi odgovara duži ciklus.

se slabo mijenja. Iznemada on počinje slabiti, te može pasti ispod četrnaeste prividne veličine. U minimumu se sjaj u toku dužeg ili kraćeg vremena koleba, a zatim lagano vraća na prvobitnu vrijednost. (Sl. 3a).

Zanimljiva je zvijezda *d Serpentis*. Ona na razmaku od 3<sup>m</sup>6 ima prividnu veličinu 7, 8, spektralne klase *A0*. Glavna zvijezda ima složen

spektar, koji se sastoji iz superponiranih spektara klasa *G0* i *A2*. Radikalne brzine obiju komponenata glavne zvijezde promjenljive su. Zvijezda  $\gamma$  Cassiopeiae pokazuje znatne promjene sjaja praćene pojavom emisijskih vodikovih linija. Smatra se, da se promatrane pojave mogu objasniti izbacivanjem plinov. tih omotača sa površine zvijezde. Ova zvijezda spada u klasu novoda (»slične Novim«). Spomenimo od srodnih ovoj zvijezde tipa *U Geminorum* ili *SS Cygni*. One su slaba sjaja i mogu se pratiti samo velikim instrumentima. Sjaj im je obično konstantan, da bi se iznenada, u toku nekoliko sati ili dana povećao za nekoliko (3—4) prvobitnih veličina, a potom opet vratio, obično nešto sporije, na prvobitnu vrijednost. O periodičnosti promjene sjaja kod ovih zvijezda ne može biti govora. Postoji međutim jasno izražena srednja vrijednost vremenskog razmaka između dva uzastopna porasta sjaja (ciklus). Nađeno je još i to, da između amplitude promjene sjaja i ciklusa postoji zavisnost, i to je amplituda veća ukoliko je ciklus duži. Ako se ova veza primijeni na Nove, dobiju se za hipotetični »ciklus« vrijednosti od više hiljada godina. Zabilježimo, da su polazeći od ove veze, koju su našli, Kukarkin i Parenago predvidjeli ponovno razbuktavanje zvijezde *T Coronae borealis*, neobično nove iz 1866. god. (Sl. 3 b).

Pored osnovnih podataka o nekim tipovima promjenljivih zvijezda u tablicama na str. 111—115, date su niže još i karte okoline nekoliko tipičnih promjenljivih zvijezda. Ove karte treba da olakšaju nalaženje tih

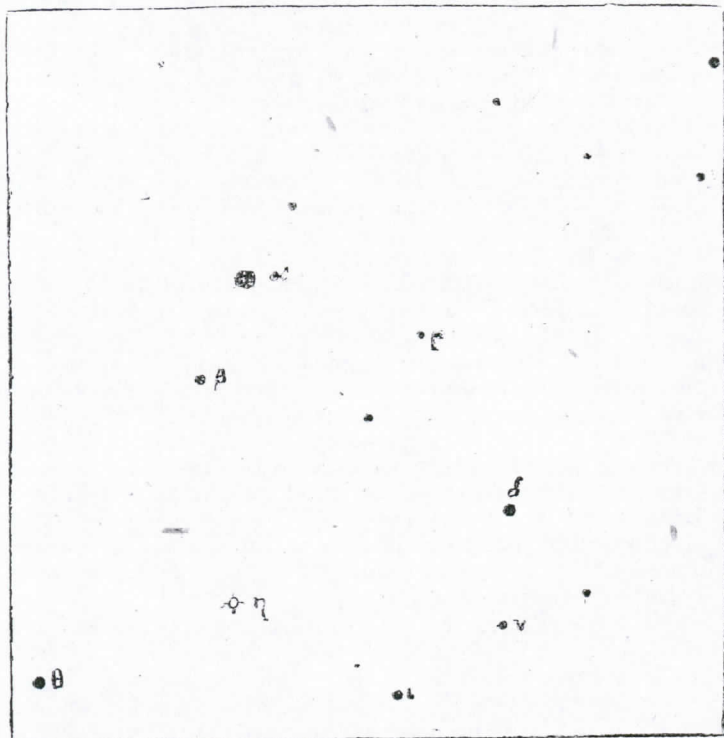


Sl. 4. Poredbene zvijezde za eklipsnu promjenljivu  $\beta$  Llae preuzete su iz Kukarkin i Parenago: Promjenljive zvijezde i metode njihovog promatranja (na ruskom). Njihove prividne veličine su:

$\gamma$  : 3,30;  $\mu$  : 3,48;  $\xi$  : 3,82;  $\zeta$  : 4,06;  $\eta$  : 4,46.

Zvijezde označene sa  $\mu$  i  $\xi$  pripadaju zviježđu Herkula.

zvijezda i praćenje promjena njihovog sjaja. Taj posao može se vršiti i okom, bez ikakvog pomoćnog aparata za mjerenje. Broj promjenljivih zvijezda pristupačnih ispitivanju nenaoružanim okom razmjerno je malen, i one su već podrobno izučene. No za novog promatrača ipak je korisno, da ih prati, jer se tako upoznaje sa načinom rada. Već je i malom instrumentu ovdje otvoreno široko polje rada: ne samo da se



Sl. 5.

Poredbene zvijezde za promjenljivu  $\eta$  Aquilae preuzete su iz knjige Kukarkin i Parenago: Promjenljive zvijezde i metode njihovog promatranja (na ruskom). Njihove prividne veličine jesu:

$\theta$ : 3,37;  $\delta$ : 3,44;  $\beta$ : 3,90;  $\iota$ : 4,28;  $\mu$ : 4,64;  $\nu$ : 4,86.

može pratiti velik broj promjenljivih zvijezda, nego se već mogu u program unijeti i takve, koje su manje izučene. Dobra promatranja ove vrste mogu dakle imati i naučnog značaja. (Sl. 4.—6.).

Praćenje promjena sjaja promjenljive zvijezde vrši se uspoređivanjem njenog sjaja sa sjajem poznatih zvijezda u okolini. Pri tome se ocjenjuju razlike sjaja promjenljive i izabranih poredbenih zvijezda. Način, na koji se to vrši, razradio je sredinom prošlog vijeka Argelander

i njegovu praktičnu vrijednost dokazao dugim nizovima promatranja. Iako danas postoje složeni i veoma osjetljivi aparati za mjerenje sjaja zvijezda, Argelanderova metoda nije izišla iz upotrebe. Ona je u suštini pristupačna svakome, tko hoće da se u nju uputi, što omogućuje, da se promatranjem promjenljivih zvijezda bavi veliki broj promatrača. Na taj način se velikim brojem promatranja ne samo nadoknađuje njihova relativno manja tačnost, nego se, što je tako isto neobično važno, obezbjeđuje kontinuitet promatranja, kakav se teško može ostvariti kod promatranja sa jednog opservatorija. U pogledu tačnosti ova promatranja skoro su ekvivalentna (kod izvježbanog promatrača) mjerenjima izvršenim vizualnim fotometrima. Zabilježimo, da u mnogim zemljama postoje udruženja promatrača promjenljivih zvijezda, koja okupljaju veliki broj članova.

Samo promatranje sastoji se u ovome. Pažljivo promatramo prvu od dvije zvijezde, čiji se sjaj uspoređuje. Pošto smo taj sjaj dobro uočili

Karta promjenljive R Coronae Borealis, koju ovdje donosimo, izrađena je po karti francuskog Udruženja promatrača promjenljivih zvijezda. Na njoj je okolina promjenljive predstavljena kako se vidi astronomskim durbinom (sjever dolje, jug gore, desno istok, lijevo zapad). Strana kvadratnog okvira slike ima 3 stupnja. Za prividne veličine poredbenih zvijezda spomenuta karta daje ove podatke:

f: 7,2; g: 7,6; h: 7,9;  
k: 8,3; l: 8,6; m: 8,9;  
n: 9,2; o: 9,5; p: 9,8;  
q: 10,2.

Kao i na drugim kartama promjenljiva je označena malim kerugom i krstom.



Sl. 6.

brzo prelazimo na drugu i promatramo je na isti način. Vraćamo se potom opet prvoj. Ovako činimo nekoliko puta, dok o odnosu sjaja ne steknemo siguran sud. Po Argelanderu taj sud treba izraziti brojem na ovaj način:

»Ako mi se uvijek čini, da su obje zvijezde (nazovimo ih  $a$  i  $b$ ), čiju razliku sjaja želim da odredim, podjednako sjajne, ili bih bio sklon da čas jednu čas drugu smatram nešto sjajnijom, smatram da su jednaka sjaja i to označavam sa  $aOb$  ili  $bOa$  (ili jednostavno  $ab$  odnosno  $ba$ ).



Ako mi doduše na prvi pogled izgleda, da su te zvijezde podjednako sjajne, ali pri pažljivijem promatranju i prelazeći više puta sa  $a$  na  $b$  i sa  $b$  na  $a$  primjećujem da je uvijek ili skoro uvijek  $a$  jedva osjetno sjajnija, kažem da je  $a$  za jedan stupanj (Stufe) sjajnija od  $b$  i to bližim sa  $a1b$ .

Ako jedna zvijezda uvijek i nesumnjivo izgleda sjajnija od druge, usvajam da razlika između njih iznosi dva stupnja, što se označava sa  $a2b$ . Razlika, koja pada u oči na prvi pogled vrijedi tri stupnja:  $a3b$ ; najzad  $a4b$  označava još upadljiviju razliku u korist zvijezde  $a$ .

Zabilježimo odmah, da se razlike sjaja počevši od kojih pet stupnjeva po mišljenju iskusnih promatrača ne mogu sa potrebnom sigurnošću procjenjivati. Zabilježimo još i to, da rezultat procjenjivanja treba uvijek da bude uspoređivanje i sa jednom sjajnijom i sa jednom slabijom zvijezdom.

Prikazani način promatranja zove se Argelanderova metoda ili metoda ocjenjivanja stupnjeva (Stufenschätzungsmethode).

Stupanj bi, po Argelanderu, bio dakle najmanja razlika sjaja, koja se može osjetiti. Njegova vrijednost u prividnim veličinama određuje se ocjenjivanjem zvijezda poznatih prividnih veličina. Ona je konstantna za priličan razmak prividnih veličina. Kod neizvježbanog promatrača iznosi nekoliko desetih dijelova prividne veličine, sa uvježbavanjem se postepeno smanjuje do približno jednog desetog dijela prividne veličine. Točan iznos je, naravno, individualna stvar, a može i kod iskusnog promatrača biti podvrgnut promjenama u toku vremena. Stoga se preporučuje provjeravanje vrijednosti stupnja posebnim povremenim promatranjima. Treba još imati u vidu, da procjenjeni odnosi sjaja zavise od toga, da li su ocjene vršene promatranjem golim okom ili pomoću durbina, te se procjene izvršene okom neće slagati, u općem slučaju, sa procjenama izvršenim durbinom. Isto tako treba očekivati, da će se između sebe razlikovati promatranja izvršena raznim instrumentima. Da bi se osigurala potrebna povezanost promatranja, treba stoga, u slučajevima gdje su ovakvi prijelazi (sa promatranja golim okom na promatranje instrumentom) potrebni, prije prijelaza izvršiti izvjestan broj usporednih promatranja na oba načina, koji se izmjenjuju.

Preporučuje se, da se pri promatranju vodi računa o ovome:

Prije početka promatranja odmoriti neko vrijeme oči u mraku. Uvijek fiksirati samo jednu zvijezdu, pa uočivši dobro njen sjaj preći na drugu. Ne fiksirati nikad istovremeno dvije zvijezde. Zvijezdu, koja se ocjenjuje gledati ravno, odnosno dovesti u središte vidnog polja. Periferne oblasti mrežnjače jesu osjetljivije, te se gledanjem »sa strane« mogu primijetiti i slabije zvijezde, no kada se gleda »ravno«, ali je ovakav način ocjenjivanja nesiguran, te ga svakako treba izbjegavati. Treba izbjegavati promatranja blizu horizonta, gdje razlika u apsorpciji svjetlosti za zvijezde na raznim visinama može biti znatna.

Rezultati promatranja (izvršena ocjenjivanja) upisuju se odmah u promatračku bilježnicu, naznačivši točno datum, nedjeljni dan i čas promatranja (za sve zvijezde osim za kratkoperiodične promjenljive tipa RR Lyrae dovoljna je točnost od jednog desetog dijela sata). Ubilježiti

i opće uslove promatranja kao i okolnosti, koje mogu biti od značaja pri kasnijoj obradi promatranja.

Neka je načinen dovoljno dug niz promatranja. Svako od njih daje ne samo podatak o sjaju promjenljive zvijezde, nego preko toga omogućuje, da izradimo skalu poredbenih zvijezda. Označimo ove sa  $a, b, c, d, \dots$  i neka su one u ovom nizu rasporedene po sjaju, i to tako da je  $a$  sjajnija od  $b$ ,  $b$  opet sjajnija od  $c$ , i tako redom. Procjene kao  $a3v1b, b2v4c$  — gdje je sa  $v$  označena promjenljiva — znače ujedno da bi na osnovu prvog promatranja zvijezda  $a$  bila  $3+1=4$  stupnja sjajnija od zvijezde  $b$ ; poredbena zvijezda  $b$  sa svoje strane, a na osnovu drugog promatranja, opet 6 stupnjeva sjajnija od zvijezde  $c$ . Dalje, to znači da bi na osnovu oba ova promatranja zvijezda  $a$  bila  $4+6=10$  stupnjeva sjajnija od zvijezde  $c$ . Izrada skale poredbenih zvijezda na ovaj način ima, naravno, smisla samo kada se raspolaze dovoljno velikim brojem promatranja. Doista, zbog neizbježnih promatračkih griješaka ocjene sjaja, koje vezuju dvije poredbene zvijezde, recimo  $b$  i  $c$ , kao što bi bile  $b1v4c, b4v2c$  i slične, razlikovat će se između sebe. Da bismo za razmak  $b-c$  dobili najvjerojatniju vrijednost, treba da uzmemo aritmetičku sredinu svih promatranja, koja vezuju zvijezde  $b$  i  $c$ . Ovo će pak imati smisla samo, ako je broj promatranja dovoljno velik. — Usvojimo za vrijednost razlike sjaja između  $b$  i  $c$ , izraženu stupnjevima, pomenutu srednju vrijednost. Na sličan način odredit ćemo i razmake  $ab, cd, de$ , i tako redom. Razlike sjaja između  $a$  i  $c, a$  i  $d, a$  i  $e, b$  i  $d, b$  i  $e$  i tako dalje, izvest ćemo iz ovih. Razlike sjaja poredbenih zvijezda računamo počev od najsjajnijih među njima. Ako je, na primjer, razlika sjaja u stupnjevima, i to: za zvijezde  $a$  i  $b$  4,85, za zvijezde  $b$  i  $c$  5,38 i t. d., onda za sjaj zvijezde  $a$  u našoj skali usvajamo vrijednost 0,00, za sjaj zvijezde  $b$  vrijednost 4,85, za sjaj zvijezde  $c$  vrijednost  $4,85+5,38=10,23$  i tako dalje. Na ovaj način izrađujemo skalu poredbenih zvijezda.

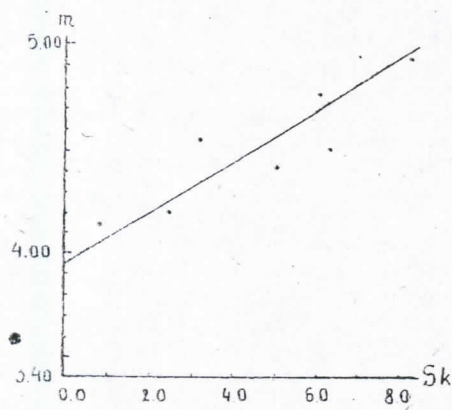
Svaku izvršenu procjenu sjaja promjenljive izrazit ćemo u skali poredbenih zvijezda. Na primjer ocjena  $b1v4c$  svedena na skalu poredbenih zvijezda značila bi da je u trenutku promatranja promjenljiva imala sjaj  $4,85+1=5,85$ , ako smo je vezali za poredbenu zvijezdu  $b$ , odnosno sjaj  $10,23-4=6,23$ , ako smo je vezali za poredbenu zvijezdu  $c$ . Za sjaj promjenljive u trenutku promatranja usvojit ćemo srednju vrijednost ove dvije svedene ocjene, u našem slučaju  $\frac{1}{2} (5,85+6,23)=6,04$ .

Ocjene sjaja promjenljive zvijezde izvršene u toku vremena i svedene na skalu poredbenih zvijezda, kako je gore ukazano, predstaviti ćemo grafički. Po ordinatnoj osovini prenositi ćemo sjaj (u skali poredbenih zvijezda), a po apscisnoj vrijeme. Ovo posljednje računamo u Julijanskom periodu. Da bismo trenutak promatranja dali u Julijanskom periodu, poslužiti ćemo se tablicama u kalendarskom dijelu ovog Almanaha. Tamo se za svaki dan za 0<sup>h</sup> svjetskog vremena daje Julijanski datum (vrijednost —,5 dolazi otuda, što se Julijanski datumi računaju od podneva do podneva, a ne od ponoći do ponoći). Tako na primjer nalazimo za dvanaesti februar 1952.: 2434054,5. Ako smo promatranje izvršili dvanaestog februara u 19<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> srednje-evropskog vremena, onda ćemo tre-



nutak promatranja u Julijanskom periodu izraziti ovako. Momentu 19,5<sup>h</sup> srednje-evropskog vremena odgovara moment 18,5<sup>h</sup> svjetskog vremena. Pretvorimo ovaj u desete dijelove dana. Pomoću odnosne tablice nalazimo vrijednost 0,77. Prema tome za trenutak promatranja u Julijanskom periodu dobivamo  $2434054,5 + 0,77 = 243455,27$ . — Radeći ovako dobivamo za svako promatranje po jednu točku. Ako je promatranja dovoljno, neće biti teško kroz sve ove točke povući neprekidnu krivulju tako, da se ona što bolje prilagođava njihovom općem rasporedu.

Kao što je gore rečeno, vrijednost stupnja konstantna je za znatan razmak prividnih veličina. To znači, da je razlika sjaja izražena stupnjevima razmjerna razlici izraženoj prividnim veličinama. Usvojili smo, da razlike u stupnjevima računamo od najsajnije poredbene zvijezde. Veza između skale poredbenih zvijezda i skale prividnih veličina moći će se očigledno predstaviti grafički ovako: (sl. 7.). Neka su veličine poredbenih zvijezda poznate. Prenesimo te prividne veličine po ordinatnoj, a



Sl. 7.

stupnjeve naše skale poredbenih zvijezda po apscisnoj osovini. Za svaku od poredbenih zvijezda dobivamo tako po jednu točku. Zbog neizbježnih promatračkih grešaka, a i zbog toga, što je skala veličina individualna, dobivene točke neće ležati na pravcu. Približno možemo pravac, o kojem je gore bilo riječi, dobiti i tako, što ćemo ga kroz sve dobivene točke povući tako, da se on što bolje prilagođava njihovom općem rasporedu. Točnije se to postiže računskim putem, izračunavajući koeficijent pravca i odsječak na ordinatnoj osovini traženog pravca, na osnovu podataka promatranja. U to se ovdje ne ćemo upuštati upućujući zainteresirane na literaturu navedenu niže. — Dobivena veza omogućuje, da se sjaj izražen u skali poredbenih zvijezda prevede u prividne veličine. Napose možemo odrediti vrijednost stupnja. To je očigledna razlika prividnih veličina, koja odgovara jednom stupnju.

Kod nepravilno promjenljivih zvijezda je dobivanjem krivulje sjaja posao obrade promatranja, bar u prvi mah, završen. Kod periodično promjenljivih posao, koji smo opisali, predstavlja tek uvod u zanimljivu i najvećim dijelom čisto računsku obradu promatranja. Ovo predstavlja nužnu dopunu promatranja i tek se tako ona u punoj mjeri mogu upotrebljavati. O pitanjima metode promatranja, njihove obrade i o promjenljivim zvijezdama uopće može čitalac naći podrobna obavještenja na primjer u knjigama:

Handbuch für Freunde der Sternkunde, unter Red. von R. Henseling.

Promjenljive zvijezde i metode njihovog promatranja, P. P. Parenago i B. V. Kukarkin (na ruskom).

Einführung in das Studium veränderlicher Sterne, K. Schiller.

Variable Stars, S. Gaposchkin and C. Payne-Gaposchkin.

Astronomia Siderale, G. Armellini, I, II.

Die veränderlichen Sterne, P. ten Bruggencate (Ergebnisse der exacten Naturwissenschaften, Bd. X).

Lehrbuch der Physik von Müller-Pouillet, Band: Physik des Kosmos.

Podaci u tablicama o promjenljivim zvijezdama uzeti su iz Općeg kataloga promjenljivih zvijezda Kukarkina i Parenaga za 1948 godinu sa Dodatkom katalogu za 1949. god. Značenje ovih podataka jasno je po sebi ili je objašnjeno u tekstu uz tablice na str. 129. Prividne veličine dane su u skali vizualnih veličina za sve dugoperiodične promjenljive kao i za sve zvijezde (osim br. 5) u tablici pod nazivom »Sajnije nepravilno promjenljive zvijezde«. Za eklipsne promjenljive i kratkoperiodične promjenljive zvijezde dane su veličine djelom i u fotografskoj skali. Ove su štampane kurzivom. Oznake pod zaglavljem »klasa« u tablici nepravilno promjenljivih i to: *NI*, *SR*, *RV* i *RCrB* odnose se na klase u podjeli, koja je u spomenutom katalogu usvojena, a znače: Novoide, polupravilne promjenljive, promjenljive tipa *RV Tauri*, promjenljive tipa *R Coronae Borealis*. U istoj tablici podatak u stupcu »period ili ciklus« sa dopisane dvije točke (:) odnosi se na ciklus, ostali na srednji period.

9. U dvadesetčetvrtoj tablici na str. 116 nalaze se sjajnije nove zvijezde, koje su se pojavile posljednjih pet decenija. To u stvari nisu posve nove zvijezde, već zvijezde slabog sjaja, koje su odjednom zasjale stotine hiljada, pa i milijun puta jače, nego dotada. U nauci je prvi puta zabilježena pojava nove 1572. godine, kad je Tycho Brahe u zvijezdu Cassiopeiae otkrio dotad nepoznatu zvijezdu izvanrednog sjaja. Nakon kratkog vremena, sjaj je toj zvijezdi toliko opao, da je ponovno postala neupadljiva, a danas se ne može točno utvrditi, koja je to zvijezda bila. Pravi uzrok tom iznenadnom rasplamsavanju nije još poznat, ali se zna, da na takvoj zvijezdi dolazi do silne eksplozije, pri čemu sa zvijezde izleti golemi užareni omotač, te zbog toga zvijezda postane mnogo puta sjajnija.

U tablici se nalazi godina pojave i zvijezde u kojem je nova zasjala, najveći prividni sjaj, koji je postigla, kao i porast tog sjaja izražen u veličinama (četvrti stupac) ili koliko je puta za najvećeg sjaja bila sjajnija nego ranije (peti stupac). Dalje je navedena apsolutna veličina (v. str. 116) za vrijeme maksimuma sjaja i nakon što se nova vrati u prvotno stanje. Na kraju su podaci o daljini i spektralnom tipu, iz čega se vidi, da su to pretežno vrlo daleke zvijezde i sve ranog tipa.

Užareni omotač, koji je eksplozijom izbačen sa zvijezde može se silno proširiti i kasnije svijetli pod utjecajem srednje zvijezde, koja je po svom spektralnom tipu vrlo visoke temperature i daje vrlo aktivno zračenje. Danas se smatra, da takve stare nove vidimo kao planetarne maglice. To su u snažnim dalekozorima magličasti objekti



okruglog oblika, nalik na pločice planeta, po čemu su dobili ime. U dvadesetpetoj tablici (str. 116.) dani su podaci o nekim sjajnijim planetarnim maglicama. Kao oznake za njih, a isto tako i za druge slične objekte, navodi se broj pod kojim su navedene u starijem katalogu Messier-a (oznaka M) ili u novijem i mnogo opširnijem New General Catalogue (oznaka NGC). Dimenzije planetarnih maglica su goleme, što se najbolje vidi, usporedi li se njihove promjere navedene u tablici s daljinom Sunca od Zemlje, koja iznosi tek 8 minuta svjetlosti. Razrijeđenost tvari u tim maglicama lakše je shvatljiva, ako se usporedi podatke o njihovoj gustoći u tablici s gustoćom zraka, koja je pri normalnoj temperaturi i pritisku oko 5000 bilijuna puta veća. U poredbi sa zvijezdama broj planetarnih maglica je neznatan, iako se je u zadnje vrijeme znatno povećao dostigavši 371 objekt.

Jako razrijeđena tvar javlja se i u vrlo nepravilnom obliku difuznih maglica. To su golemi oblaci prašine i plina, koji svijetle odražavajući svjetlost okolnih zvijezda ili su im atomi pobuđeni, da svijetle, neke vrsti, fluorescentnom svjetlošću. U dvadesestoj tablici navedeni su podaci o nekim većim difuznim maglicama, iz kojih vidimo njihovo golemo prostranstvo i razmjerno malu masu i gustoću. U slučaju da u blizini takvog oblaka ili u njemu nema pogodnih sjajnih i vrućih zvijezda, onda se te oblake ne može neposredno vidjeti. Njihovo prisustvo ipak očituje u apsorpciji svjetlosti zvijezda iza njih, kao i njenom crvenjenju, t. j. zvijezde iza takvog oblaka pričinjavu se, da su crvenje nego što su u stvari, kao što je i Sunce crvenije u magli i prašini. U dvadeset sedmoj tablici navedeni su podaci o nekim tamnim oblacima, pa se može upoznati i neke njihove značajke. Iz podataka o položajima jasno se vidi, da se tamni oblaci pretežno nalaze oko galaktičkog ekvatora, a po daljinama je očito, da se nalaze u velikom zvjezdanom sustavu u kojem je i Sunce.

10. Ponekad su zvijezde skupljene u jata i kreću se zajedno u prostoru približno jednakim brzinama, pa ih se na nebu vidi skupljene zajedno u većem broju. Prema obliku i stupnju zbijenosti razlikuju se dvije vrste: otvorena jata i kuglasti (globularni) skupovi. Prvo su hrpe zvijezda, koje mogu biti raznog oblika i nisu jako gusto zbijene. U dvadesetosmoj tablici navedeni su podaci za neka sjajnija jata, među kojima se nalaze i poznati Vlašići. Takva jata pružaju naročito lijepu sliku u dalekozoru. Usporedimo li daljine otvorenih jata s daljinama kuglastih (globularnih) skupova, navedenih u dvadesetdevetoj tablici, vidimo da su ovi drugi znatno udaljeniji. Ime im već kaže kakvog su oblika, a vidimo, da se sastoje od velikog broja zvijezda na relativno malom prostoru. Po svom razmještaju i daljinama kuglasti skupovi tvore sustav, koji u izvjesnom smjeru prelazi sustav svih ostalih zvijezda poznat pod imenom sustav Kumovske Slame ili galaktički sustav.

U tridesetjtoj tablici nalaze se podaci o galaktičkom sustavu, a naše znanje o njemu bilo bi ukratko slijedeće:

Zemlja se zajedno sa Sunčevim sustavom nalazi u sustavu zvijezda, koji, premda golem, ipak nije beskonačan, a sadrži mnogo milijardi članova. U taj sustav spadaju, nadalje, difuzne i planetarne maglice i

otvorena zvjezdana jata. Većina svih tih objekata leži u području, kome je osnovna ravnina u ravnini Kumovske Slame, debljina je područja malena u usporedbi s promjerom. Zbog tamne tvari, koja većim dijelom leži blizu galaktičke ravnine, ne vidimo mnogo od sadržaja sustava. Središte sustava leži u golemoj jezgri, od koje je zvjezdani oblak u Strelcu samo dio, dok je glavina zakrivljena tamnim oblacima. Cijeli se galaktički sustav okreće u smislu kazaljke na satu, gledajući ga sa sjevernog pola, oko osi okomite na galaktičku ravninu. Vrtinja nije kao kod krutog kotača, već kao vrtinja Sunčeva sustava ili Saturnova prstenja. Cijeli sustav zvijezda prožet je vrlo razrijeđenim oblakom atoma, koji učestvuju u galaktičkoj rotaciji. Kuglasti zvjezdani skupovi, iako spadaju u galaktički sustav leže i izvan glavnine, koja ima oblik diska, i predećuju zajedno s malobrojnim pojedinačnim zvijezdama tijelo kuglastog oblika s promjerom od 100 000 godina svjetlosti.

11. Galaktički sustav nije jedini sustav svoje vrste u svemiru, već ih ima toliko mnogo, da ih se na fotografijama snimljenim velikim teleskopom od 5 metara vidi tri puta više nego zvijezda. Takvi se sustavi sada nazivaju galaksije, dok su ih ranije zvali spiralnim maglicama, po njihovom obliku. U tridesetprvoj tablici navode se podaci o njima, koji se mogu uspoređivati s podacima o galaktičkom sustavu u prijašnjoj tablici. U pogledu dimenzija podaci još nisu konačni, jer se čini, da će se na osnovu fotografija u crvenom svijetlu dimenzije povećati. Galaksije se po obliku klasificiraju u tri tipa: 1) spiralne s oznakama Sa, Sb, Sc, SBa, SBb i SBc na osnovu veće ili manje raščlanjenosti, a ima ih oko 77%; 2) eliptične s oznakama E0 do E7 prema sploštenosti, kojih ima oko 20%; 3) nepravilne s oznakama Ir, kojih ima oko 3%. Prvih deset galaksija, zajedno s našim galaktičkim sustavom i galaksijama u zvijezdu Fornax i Sculptor, sačinjavaju lokalni skup galaksija. U drugim predjelima mogu se također opaziti brojni skupovi galaksija, pa se u trideset drugoj tablici navode nekoliko tipičnih skupova, od kojih neki broje i preko tisuću članova. Tu su istraživanja tek u početku, pa treba očekivati mnoga nova otkrića. Do sada se još nije moglo opaziti, da broj galaksija opada kad se ide u velike daljine, premda se je već doprlo do preko milijarde godina svjetlosti. O problemima u vezi s rasporedom galaksija i o svemiru općenito bilo je riječi u članku dra Blanuše: Problemi kozmologije i kozmogonije; Bošković 1951.

V. POMOČNE TABLICE



I. TABLICA JULIJANSKIH DANA (J. D.) OD 1900 DO 2000 GOD.

Godišnji broj

1900	2 415 020	1940	2 429 629	1980	2 444 239	
1901	385	1941	995	1981	605	
1902	750	1942	2 430 360	1982	970	
1903	2 416 115	1943	725	1983	2 445 335	
1904	480	1944	2 431 090	1984	700	
1905	846	1945	456	1985	2 446 066	
1906	2 417 211	1946	821	1986	431	
1907	576	1947	2 432 186	1987	796	
1908	941	1948	551	1988	2 447 161	
1909	2 418 307	1949	917	1989	527	
1910	672	1950	2 433 282	1990	892	
1911	2 419 037	1951	547	1991	2 448 257	
1912	402	1952	2 434 012	1992	622	
1913	768	1953	378	1993	988	
1914	2 420 133	1954	743	1994	2 449 353	
1915	493	1955	2 435 108	1995	718	
1916	858	1956	473	1996	2 450 083	
1917	2 421 229	1957	839	1997	449	
1918	594	1958	2 436 204	1998	614	
1919	959	1959	569	1999	2 451 179	
1920	2 422 324	1960	934	2000	544	
1921	690	1961	2 437 300	Mjesečni broj		
1922	2 423 055	1962	665			
1923	420	1963	2 433 030	u prostoj godini		
1924	785	1964	395	u prslupnoj godini		
1925	2 424 151	1965	761	Jan.	0	0
1926	516	1966	2 439 126	Feb.	31	31
1927	881	1969	491	Mar.	59	60
1928	2 425 246	1968	856	Apr.	90	91
1929	612	1969	2 440 222	Maj	120	121
1930	977	1970	587	Jun.	151	152
1931	2 426 342	1971	952	Jul.	181	182
1932	707	1972	2 441 317	Aug.	212	213
1933	2 427 073	1973	683	Sep.	243	244
1934	438	1974	413	Okt.	273	274
1935	803	1975	413	Nov.	304	305
1936	2 428 168	1976	778	Dec.	334	335
1937	534	1977	2 443 144			
1938	899	1978	509			
1939	2 429 264	1979	874			

2. NORMALNA REFRAKCIJA

Visina v	Refrak- cija Ro	v	Ro	v	Ro	v	Ro	v	Ro	v	Ro
0 00	36 36'0	5 00	6 46'8	16 00	3 26'9	24 00	2 14'3	32 00	1 35'92	40	1 11'51
10	34 18'8	10	6 39'1	10	3 24'7	10	2 13'2	10	1 35'30	41	1 09'04
20	32 14'2	20	6 31'7	20	3 22'6	20	2 12'2	20	1 34'69	42	1 06'67
30	30 20'9	30	6 24'6	30	3 20'4	30	2 11'2	30	1 34'09	43	1 04'37
40	28 37'6	40	6 17'7	40	3 18'4	40	2 10'2	40	1 33'49	44	1 02'17
50	27 03'3	50	6 11'0	50	3 16'3	50	2 09'2	50	1 32'90	45	1 00'04
										46	0 57'98
1 00	25 37'0	9 00	6 04'5	17 00	3 14'3	25 00	2 08'2	33 00	1 32'31	47	56'00
10	24 17'8	10	5 58'3	10	3 12'4	10	2 07'3	10	1 31'73	48	54'07
20	23 05'1	20	5 52'2	20	3 10'5	20	2 06'4	20	1 31'15	49	52'21
30	21 58'2	30	5 46'3	30	3 08'6	30	2 05'4	30	1 30'58		
40	20 56'4	40	5 40'6	40	3 06'7	40	2 04'5	40	1 30'01	50	50'40
50	19 59'4	50	5 35'1	50	3 04'9	50	2 03'6	50	1 29'45	51	48'64
										52	46'92
2 00	19 06'6	10 00	5 29'8	18 00	3 03'1	26 00	2 02'7	34 00	1 28'89	53	45'26
10	18 17'6	10	5 24'6	10	3 01'3	10	2 01'8	10	1 28'34	54	43'64
20	17 32'1	20	5 19'6	20	2 59'6	20	2 00'9	20	1 27'80	55	42'07
30	16 49'7	30	5 14'7	30	2 57'9	30	2 00'0	30	1 27'26	56	40'52
40	16 10'2	40	5 09'9	40	2 56'2	40	1 59'2	40	1 26'71	57	39'01
50	15 33'3	50	5 05'3	50	2 54'6	50	1 58'3	50	1 26'17	58	37'54
										59	36'10
3 00	14 58'8	11 00	5 00'8	19 00	2 53'0	27 00	1 57'5	35 00	1 25'64		
10	14 26'5	10	4 56'4	10	2 51'4	10	1 56'6	10	1 25'12	60	34'69
20	13 56'2	20	4 52'2	20	2 49'8	20	1 55'8	20	1 24'60	61	33'31
30	13 27'7	30	4 48'1	30	2 48'3	30	1 55'0	30	1 24'08	62	31'95
40	13 00'9	40	4 44'0	40	2 46'8	40	1 54'2	40	1 23'57	63	30'61
50	12 35'6	50	4 40'1	50	2 45'2	50	1 53'4	50	1 23'06	64	29'31
										65	28'02
4 00	12 11'8	12 00	4 36'3	20 00	2 43'8	28 00	1 52'6	36 00	1 22'56	66	26'75
10	11 49'3	10	4 32'6	10	2 42'3	10	1 51'8	10	1 22'05	67	25'51
20	11 28'1	20	4 28'9	20	2 40'9	20	1 51'0	20	1 21'55	68	24'28
30	11 08'0	30	4 25'4	30	2 39'5	30	1 50'3	30	1 21'06	69	23'07
40	10 48'9	40	4 21'9	40	2 38'1	40	1 49'5	40	1 20'58		
50	10 30'7	50	4 18'5	50	2 36'8	50	1 48'8	50	1 20'09	70	21'87
										71	20'69
5 00	10 13'5	13 00	4 15'2	21 00	2 35'4	29 00	1 48'0	37 00	1 19'60	72	19'53
10	9 57'2	10	4 12'0	10	2 34'1	10	1 47'3	10	1 19'12	73	18'37
20	9 41'6	20	4 08'9	20	2 32'8	20	1 46'6	20	1 18'65	74	17'23
30	9 26'7	30	4 05'8	30	2 31'5	30	1 45'9	30	1 18'18	75	16'10
40	9 12'5	40	4 02'8	40	2 30'2	40	1 45'2	40	1 17'71	76	14'98
50	8 59'0	50	3 59'8	50	2 29'0	50	1 44'5	50	1 17'25	77	13'87
										78	12'77
6 00	8 46'1	14 00	3 57'0	22 00	2 27'8	30 00	1 43'8	38 00	1 16'79	79	11'68
10	8 33'8	10	3 54'2	10	2 26'6	10	1 43'1	10	1 16'33		
20	8 21'9	20	3 51'4	20	2 25'4	20	1 42'4	20	1 15'87	80	10'60
30	8 10'6	30	3 48'7	30	2 24'2	30	1 41'7	30	1 15'42	81	9'52
40	7 59'7	40	3 46'1	40	2 23'0	40	1 41'0	40	1 14'98	82	8'45
50	7 49'3	50	3 43'5	50	2 21'9	50	1 40'4	50	1 14'54	83	7'38
										84	6'31
7 00	7 39'3	15 00	3 41'0	23 00	2 20'7	31 00	1 39'7	39 00	1 14'10	85	5'25
10	7 29'7	10	3 38'5	10	2 19'6	10	1 39'1	10	1 13'66	86	4'20
20	7 20'4	20	3 36'1	20	2 18'5	20	1 38'4	20	1 13'23	87	3'15
30	7 11'5	30	3 33'7	30	2 17'4	30	1 37'8	30	1 12'80	88	2'10
40	7 03'0	40	3 31'4	40	2 16'4	40	1 37'2	40	1 12'37	89	1'05
50	6 54'7	50	3 29'1	50	2 15'3	50	1 36'5	50	1 11'94	90	0'00

### 3. KOREKCIJA NORMALNIH REFRAKCIJA

t°	A	t°	A	p mm Hg	B	p mm Hg	B
-30°	+ 0'129	+ 12°	- 0'044	535	- 0'296	660	- 0'132
28	0'120	14	0'051	540	0'290	665	0'125
26	0'110	16	0'058	545	0'283	670	0'118
24	0'101	18	0'065	550	0'276	675	0'112
22	0'092	20	0'071	555	0'270	680	0'105
				560	0'263	685	0'099
-20	+ 0'083	+ 22°	- 0'078	565	0'257	690	0'092
18	0'074	24	0'084	570	0'250	695	0'086
16	0'065	26	0'091	575	0'244		
14	0'056	28	0'097	580	0'237	700	- 0'079
12	0'048	30	0'104	585	0'230	705	0'072
				590	0'224	710	0'066
-10	+ 0'040	+ 32°	- 0'110	595	0'217	715	0'059
8	0'032	34	0'116			720	0'053
6	0'024	36	0'122	600	- 0'210	725	0'046
4	0'016	38	0'128	605	0'204	730	0'040
-2	+ 0'008	40	0'134	610	0'197	735	0'033
				615	0'191	740	0'026
0	0'000	+ 42°	- 0'139	620	0'184	745	0'020
		44	0'145	625	0'178	750	0'013
+2	- 0'008	46	0'151	630	0'171	755	- 0'007
4	0'015	48	0'156	635	0'164	760	0'000
6	0'022	+ 50°	- 0'162	640	0'158	765	+ 0'007
8	0'030			645	0'151	770	0'013
+10	- 0'037			650	0'145	775	0'020
				655	- 0'138	780	+ 0'026

Zrake svjetlosti, koje dolaze od nebeskoga tijela, mijenjaju kod prolaza atmosferom svoj smjer tako, da se nebeskom tijelu uveća visina (dakle umanju zenitna daljina); visina se povećava, jer zrake svjetlosti dolaze u sve gušću atmosferu. Razlika među visinom  $v$ , kakova se dobiva mjerenjem, i visinom, kakova bi bila da nema atmosfere, zove se *refrakcija*. Da se izmjerene visine isprave radi refrakcije, služe gornje tablice. Kako refrakcija dolazi uslijed (promjenljive) gustoće atmosfere, ona zavisi osim o visini uglavnom još o temperaturi uzduha i barometarskom tlaku. Radi toga traži se najprije s izmjenenom visinom  $v$  kao argumentom t. zv. normalna refrakcija  $R_0$ , koja odgovara temperaturi 0°C i barometarskom tlaku 760 mm Hg. Tu refrakciju nalazimo u našoj prvoj tablici. Ako u času motrenja imamo temperaturu  $t$ °C i barometarski tlak  $p$  mm Hg, onda moramo normalnoj refrakciji algebarski dodati korekcije  $R_0 \cdot A$  (za određenu temperaturu  $t$ ), te imamo  $R_1 = R_0 + R_0 \cdot A$  i  $R_1 \cdot B$  (za određeni tlak  $p$ ). Dakle je tražena refrakcija  $R = R_1 + R_1 \cdot B = (R_0 + R_0 A) + (R_0 + R_0 A) \cdot B$ .

*Primjer:* Izmjerena visina je  $v = 52^\circ 34' 12'' = 52^\circ 57'$ , uz  $t = +15^\circ \text{C}$ ,  $p = 710$  mm Hg. Najprije nalazimo:  $v = 52^\circ$ ,  $R_0 = 46'' 92$ ;  $v = 53^\circ$ ,  $R_0 = 45'' 26$ ; odayle interpolacijom za naš  $v = 52^\circ 57'$ ,  $R_0 = 45'' 97$ . Dalje za  $t = +15^\circ \text{C}$  interpolacijom  $A = -0'054$ . Korekcija radi temperature je  $R_0 A = 45'' 97 \times (-0'054) = -2'' 48$ , dakle  $R_1 = 45'' 97 - 2'' 48 = 43'' 49$ . Najzad za  $p = 710$  mm Hg vadimo  $B = -0'066$ . Korekcija radi tlaka je  $R_1 B = 43'' 49 \times (-0'066) = -2'' 87$ , a konačna refrakcija u času motrenja  $R = 43'' 49 - 2'' 87 = 40'' 62$ . Dakle je visina, korigirana radi refrakcije:  $52^\circ 34' 12'' - 40'' 6 = 52^\circ 33' 31''$ .

*Napomena:* Konstanta refrakcije u našim tablicama je  $60'' 154$ .

### 4. PRECESIJA U DEKLINACIJI

$\alpha$	0 <sup>m</sup>	10 <sup>m</sup>	20 <sup>m</sup>	30 <sup>m</sup>	40 <sup>m</sup>	50 <sup>m</sup>	60 <sup>m</sup>	$\alpha$
h								h
0	+ 20'0	+ 20'0	+ 20'0	+ 19'9	+ 19'7	+ 19'6	+ 19'4	0
1	19'4	19'1	18'8	18'5	18'2	17'8	17'4	1
2	17'4	16'9	16'4	15'9	15'4	14'8	14'2	2
3	14'2	13'5	12'9	12'2	11'5	10'8	10'0	3
4	10'0	9'3	8'5	7'7	6'9	6'0	+ 5'2	4
5	+ 5'2	+ 4'3	+ 3'5	+ 2'6	+ 1'7	+ 0'9	0'0	5
6	0'0	- 0'9	- 1'7	- 2'6	- 3'5	- 4'3	- 5'2	6
7	- 5'2	6'0	6'9	7'7	8'5	9'3	10'0	7
8	10'0	10'8	11'5	12'2	12'9	13'5	14'2	8
9	14'2	14'8	15'4	15'9	16'4	16'9	17'4	9
10	- 17'4	- 17'8	- 18'2	18'5	- 18'8	- 19'1	- 19'4	10
11	19'4	19'6	19'7	19'9	20'0	20'0	20'0	11
12	20'0	20'0	20'0	19'9	19'7	19'6	19'4	12
13	19'4	19'1	18'8	18'5	18'2	17'8	17'4	13
14	17'4	16'9	16'4	15'9	15'4	14'8	14'2	14
15	- 14'2	- 13'5	- 12'9	12'2	11'5	- 10'8	- 10'0	15
16	10'0	9'3	8'5	7'7	6'9	6'0	- 5'2	16
17	- 5'2	- 4'3	- 3'5	- 2'6	- 1'7	- 0'9	0'0	17
18	0'0	+ 0'9	+ 1'7	+ 2'6	+ 3'5	+ 4'3	+ 5'2	18
19	+ 5'2	6'0	6'9	7'7	8'5	9'3	10'0	19
20	+ 10'0	+ 10'8	+ 11'5	+ 12'2	+ 12'9	+ 13'5	+ 14'2	20
21	14'2	14'8	15'4	15'9	16'4	16'9	17'4	21
22	17'4	17'8	18'2	18'5	18'8	19'1	19'4	22
23	+ 19'4	+ 19'6	+ 19'7	+ 19'9	+ 20'0	+ 20'0	+ 20'0	23
24	+ 20'0							24



### 5. PRECESIJA U REKTASCENZIJI

δ											δ
α	-30°	-20°	-10°	0°	+10°	+20°	+30°	+40°	+50°	+60°	α
h	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	h
0	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	0
1	2'87	2'95	3'01	3'07	3'13	3'20	3'27	3'36	3'48	3'67	1
2	2'69	2'83	2'95	3'07	3'19	3'32	3'46	3'63	3'87	4'23	2
3	2'53	2'73	2'91	3'07	3'24	3'42	3'62	3'87	4'29	4'71	3
4	2'41	2'65	2'87	3'07	3'28	3'49	3'74	4'04	4'45	5'08	4
5	2'33	2'60	2'84	3'07	3'30	3'54	3'82	4'16	4'61	5'31	5
6	2'30	2'59	2'84	3'07	3'31	3'56	3'84	4'19	4'67	5'39	6
7	2'33	2'60	2'84	3'07	3'30	3'54	3'82	4'16	4'61	5'31	7
8	2'41	2'65	2'87	3'07	3'28	3'49	3'74	4'04	4'45	5'08	8
9	2'53	2'73	2'91	3'07	3'24	3'42	3'62	3'87	4'20	4'71	9
10	2'69	2'83	2'95	3'07	3'19	3'32	3'46	3'63	3'87	4'23	10
11	2'87	2'95	3'01	3'07	3'13	3'20	3'27	3'36	3'48	3'67	11
12	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	12
13	3'27	3'20	3'13	3'07	3'01	2'95	2'87	2'78	2'66	2'47	13
14	3'46	3'32	3'19	3'07	2'95	2'83	2'69	2'51	2'28	1'92	14
15	3'62	3'42	3'24	3'07	2'91	2'73	2'53	2'28	1'95	1'44	15
16	3'74	3'49	3'28	3'07	2'87	2'65	2'41	2'10	1'69	1'07	16
17	3'82	3'54	3'30	3'07	2'84	2'60	2'33	1'99	1'53	0'84	17
18	3'84	3'56	3'31	3'07	2'84	2'59	2'30	1'95	1'48	0'76	18
19	3'82	3'54	3'30	3'07	2'84	2'60	2'33	1'99	1'53	0'84	19
20	3'74	3'49	3'28	3'07	2'87	2'65	2'41	2'10	1'69	1'07	20
21	3'62	3'42	3'24	3'07	2'91	2'73	2'53	2'28	1'95	1'44	21
22	3'46	3'32	3'19	3'07	2'95	2'83	2'69	2'51	2'28	1'92	22
23	3'27	3'20	3'13	3'07	3'01	2'95	2'87	2'78	2'66	2'47	23
24	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	24

### 6. TRAJANJE GRAĐANSKOG SUMRAKA

Mjesec	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Maj	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dec.
φ	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
m	32	30	29	30	34	35	34	31	29	29	32	33
42	33	31	30	31	34	36	35	32	30	30	33	33
43	33	31	30	31	35	37	36	32	30	30	33	34
44	34	32	31	32	35	38	37	33	31	31	33	35
45	35	32	31	33	36	39	38	34	32	32	34	35
46	35	33	32	33	37	40	38	35	32	33	34	36
47	36	34	32	34	38	41	39	36	33	34	35	37

### 7. TRAJANJE ASTRONOMSKOG SUMRAKA

Datum	φ	41°	42°	43°	44°	45°	46°	47°
Jan.	1	h m 1 41	h m 1 43	h m 1 45	h m 1 47	h m 1 48	h m 1 51	h m 1 53
16	16	1 39	1 41	1 42	1 44	1 46	1 48	1 51
31	31	1 36	1 38	1 39	1 41	1 43	1 45	1 47
Feb.	15	1 34	1 35	1 37	1 38	1 40	1 42	1 44
Mar.	2	1 33	1 34	1 36	1 37	1 39	1 41	1 43
17	17	1 34	1 35	1 37	1 38	1 40	1 42	1 44
Apr.	1	1 36	1 38	1 39	1 41	1 43	1 45	1 48
16	16	1 41	1 43	1 45	1 47	1 49	1 52	1 55
Maj	1	1 48	1 51	1 54	1 56	1 59	2 03	2 08
16	16	1 57	2 00	2 04	2 07	2 11	2 18	2 25
31	31	2 05	2 10	2 15	2 20	2 25	2 41	2 53
Jun.	15	2 11	2 17	2 23	2 29	2 35	2 43	2 55
30	30	2 10	2 16	2 22	2 28	2 34	2 42	2 53
Jul.	15	2 04	2 09	2 13	2 18	2 23	2 35	2 48
30	30	1 55	1 58	2 02	2 05	2 09	2 15	2 23
Aug.	14	1 47	1 49	1 52	1 54	1 57	2 01	2 05
29	29	1 40	1 42	1 45	1 47	1 49	1 52	1 55
Sep.	13	1 36	1 38	1 39	1 41	1 43	1 46	1 48
28	28	1 34	1 35	1 37	1 38	1 40	1 42	1 44
Okt.	13	1 33	1 34	1 36	1 37	1 39	1 41	1 43
28	28	1 34	1 36	1 37	1 39	1 40	1 42	1 44
Nov.	12	1 37	1 38	1 40	1 41	1 43	1 45	1 47
27	27	1 39	1 41	1 42	1 44	1 46	1 48	1 51
Dec.	12	1 41	1 43	1 44	1 46	1 48	1 51	1 53
27	27	1 41	1 43	1 45	1 47	1 49	1 51	1 54

### 8. POLUDNEVNI LUK

φ	δ						
	41°	42°	43°	44°	45°	46°	47°
°	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m
+ 30	8 05	8 09	8 15	8 20	8 26	8 32	8 33
28	7 54	7 58	8 03	8 08	8 13	8 18	8 24
26	7 44	7 48	7 52	7 56	8 01	8 06	8 11
24	7 35	7 38	7 42	7 46	7 50	7 54	7 58
22	7 26	7 29	7 32	7 36	7 39	7 43	7 47
+ 20	7 17	7 20	7 23	7 26	7 29	7 32	7 36
18	7 09	7 11	7 14	7 17	7 19	7 22	7 25
16	7 01	7 03	7 05	7 08	7 10	7 13	7 15
14	6 53	6 55	6 57	6 59	7 01	7 03	7 06
12	6 46	6 47	6 49	6 51	6 53	6 54	6 56
+ 10	6 38	6 40	6 41	6 42	6 44	6 46	6 47
8	6 31	6 32	6 33	6 34	6 36	6 37	6 38
6	6 24	6 25	6 26	6 27	6 28	6 29	6 29
4	6 17	6 18	6 18	6 19	6 19	6 20	6 21
+ 2	6 10	6 10	6 11	6 11	6 11	6 12	6 12
0	6 03	6 03	6 03	6 03	6 03	6 03	6 03
- 2	5 56	5 56	5 56	5 55	5 55	5 55	5 55
4	5 49	5 49	5 48	5 48	5 47	5 47	5 46
6	5 42	5 41	5 41	5 40	5 39	5 38	5 37
8	5 35	5 34	5 33	5 32	5 31	5 30	5 29
- 10	5 28	5 27	5 25	5 24	5 23	5 21	5 20
12	5 21	5 19	5 18	5 16	5 14	5 13	5 11
14	5 13	5 11	5 10	5 08	5 06	5 04	5 02
16	5 05	5 03	5 01	4 59	4 57	4 55	4 52
18	4 58	4 55	4 53	4 50	4 48	4 45	4 42
- 20	4 50	4 47	4 44	4 41	4 38	4 35	4 32
22	4 41	4 38	4 35	4 32	4 28	4 25	4 21
24	4 32	4 29	4 25	4 22	4 18	4 14	4 10
26	4 23	4 20	4 16	4 12	4 07	4 03	3 58
- 28	4 14	4 10	4 05	4 01	3 56	3 51	3 45

Pomoću ove tablice može se na nekoliko minuta točno izračunati izlaz i zalaz svakog planeta u svakom mjestu naše države.

Primjer:

Neka se nađe vrijeme izlaza i zalaza planeta Jupitera 16. XI. 1952. u Zagrebu ( $\varphi \approx 46^\circ$ ): Jupiter toga dana kulminira u Greenwichu u 23<sup>h</sup> 07<sup>m</sup>, dakle u Zagrebu 1<sup>h</sup> 04<sup>m</sup> ranije t. j. u 22<sup>h</sup> 03<sup>m</sup> (svj. vr.); deklinacija mu je +15° (prema efemeridama). Iz tablice izlazi, da je polovina dnevnog luka za nebesko tijelo te deklinacije na geografskoj širini 46° jednaka 7<sup>h</sup> 08<sup>m</sup>. Oduzmemo li od 22<sup>h</sup> 03<sup>m</sup> polovinu dnevnog luka, dakle 7<sup>h</sup> 08<sup>m</sup>, dobit ćemo 14<sup>h</sup> 55<sup>m</sup> kao vrijeme izlaza Jupitera u Zagrebu; dodavanjem poludnevnog luka dobit ćemo 29<sup>h</sup> 11<sup>m</sup>, a to je 5<sup>h</sup> 11<sup>m</sup> 17. XI. 1952. kao vrijeme zalaza Jupitera u Zagrebu po svjetskom vremenu. Za prelaz na srednje-evropsko vrijeme dodamo 1<sup>h</sup>. Prema tome u Zagrebu izlazi Jupiter 16. XI. 1952. oko 16<sup>h</sup>, a zalazi 17. XI. 1952. oko 6<sup>h</sup> 1/4 u jutro.

### 9. PRETVARANJE ZVJEZDANOG VREMENA U SREDNJE VRIJEME

Sati		Minute				Sekunde			
Zvezdano vrijeme	Ekvivalentni interval srednjega vremena	Zvezdano vrijeme	Ekvivalentni interval srednjega vremena	Zvezdano vrijeme	Ekvivalentni interval srednjega vremena	Zvezdano vrijeme	Ekvivalentni interval srednjega vremena	Zvezdano vrijeme	Ekvivalentni interval srednjega vremena
1	h m s	1	m s	1	m s	1	s	1	s
1	0 59 50 170	1	0 59 836	31	30 51 921	31	0 997	31	30 915
2	1 59 40 341	2	1 59 672	32	31 54 758	32	1 995	32	31 913
3	2 59 30 511	3	2 59 509	33	32 54 594	33	2 992	33	32 910
4	3 59 20 682	4	3 59 345	34	33 54 430	34	3 989	34	33 907
5	4 59 10 852	5	4 59 181	35	34 54 266	35	4 986	35	34 904
6	5 59 01 023	6	5 59 017	36	35 54 102	6	5 984	36	35 902
7	6 58 51 193	7	6 58 853	37	36 53 938	7	6 981	37	36 899
8	7 58 41 364	8	7 58 689	38	37 53 775	8	7 978	38	37 896
9	8 58 31 534	9	8 58 526	39	38 53 611	9	8 975	39	38 893
10	9 58 21 704	10	9 58 362	40	39 53 447	10	9 973	40	39 891
11	10 58 11 875	11	10 58 198	41	40 53 283	11	10 970	41	40 888
12	11 58 02 045	12	11 58 034	42	41 53 119	12	11 967	42	41 885
13	12 57 52 216	13	12 57 870	43	42 52 956	13	12 964	43	42 883
14	13 57 42 386	14	13 57 706	44	43 52 792	14	13 962	44	43 880
15	14 57 32 557	15	14 57 543	45	44 52 628	15	14 959	45	44 877
16	15 57 22 727	16	15 57 379	46	45 52 464	16	15 956	46	45 874
17	16 57 12 897	17	16 57 215	47	46 52 300	17	16 954	47	46 872
18	17 57 03 068	18	17 57 051	48	47 52 136	18	17 951	48	47 869
19	18 56 53 238	19	18 56 887	49	48 51 973	19	18 948	49	48 866
20	19 56 43 409	20	19 56 723	50	49 51 809	20	19 945	50	49 863
21	20 56 33 579	21	20 56 560	51	50 51 645	21	20 943	51	50 861
22	21 56 23 750	22	21 56 396	52	51 51 481	22	21 940	52	51 858
23	22 56 13 920	23	22 56 232	53	52 51 317	23	22 937	53	52 855
24	23 56 04 090	24	23 56 068	54	53 51 153	24	23 934	54	53 853
		25	24 55 904	55	54 50 990	25	24 932	55	54 850
		26	25 55 741	56	55 50 826	26	25 929	56	55 847
		27	26 55 577	57	56 50 662	27	26 926	57	56 844
		28	27 55 413	58	57 50 498	28	27 924	58	57 842
		29	28 55 249	59	58 50 334	29	28 921	59	58 839
		30	29 55 085	60	01.00 69	30	29 918	60	59 836

Primjer: Pretvoriti 4<sup>h</sup>29<sup>m</sup>58<sup>s</sup>59 zvezdanoga vremena u ekvivalentni interval srednjega vremena.

$$\text{Za } \left\{ \begin{array}{l} 4^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00^{\text{s}} \text{ zv. vr.} \\ 29 \quad 00 \quad \text{''} \quad \text{''} \\ \quad \quad \quad 58^{\text{s}} 59 \quad \text{''} \quad \text{''} \\ \hline 4^{\text{h}} 29^{\text{m}} 58^{\text{s}} 59 \text{ zv. vr.} \end{array} \right\} \text{ daje tablica } \left\{ \begin{array}{l} 3^{\text{h}} 59^{\text{m}} 20^{\text{s}} 682 \text{ sr. vr} \\ 28^{\text{m}} 55^{\text{s}} 249 \quad \text{''} \quad \text{''} \\ \quad \quad \quad 58^{\text{s}} 430 \quad \text{''} \quad \text{''} \\ \hline 4^{\text{h}} 29^{\text{m}} 14^{\text{s}} 36 \text{ sr. vr.} \end{array} \right.$$





II. PRETVARANJE SATOVA, MINUTA I SEKUNDA  
U DECIMALNE DIJELOVE DANA

m	h	0 <sup>h</sup>	1 <sup>h</sup>	2 <sup>h</sup>	3 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>	5 <sup>h</sup>	Sekunde
30	d	0'02083	0'06950	0'10417	0'14583	0'18750	0'22917	s 30 d 0'00035
31	d	0'02153	0'06319	0'10486	0'14653	0'18819	0'22986	s 31 d 0'00036
32	d	0'02222	0'06389	0'10556	0'14722	0'18899	0'23056	s 32 d 0'00037
33	d	0'02292	0'06458	0'10625	0'14792	0'19028	0'23125	s 33 d 0'00038
34	d	0'02361	0'06528	0'10694	0'14861	0'19103	0'23194	s 34 d 0'00039
35	d	0'02431	0'06597	0'10764	0'14931	0'19177	0'23264	s 35 d 0'00041
36	d	0'02500	0'06667	0'10833	0'15000	0'19250	0'23333	s 36 d 0'00042
37	d	0'02569	0'06736	0'10903	0'15069	0'19326	0'23403	s 37 d 0'00043
38	d	0'02639	0'06806	0'10972	0'15139	0'19403	0'23472	s 38 d 0'00044
39	d	0'02708	0'06875	0'11042	0'15208	0'19475	0'23542	s 39 d 0'00045
40	d	0'02778	0'06944	0'11111	0'15278	0'19544	0'23611	s 40 d 0'00046
41	d	0'02847	0'07014	0'11181	0'15347	0'19614	0'23681	s 41 d 0'00047
42	d	0'02917	0'07083	0'11250	0'15417	0'19683	0'23750	s 42 d 0'00049
43	d	0'02986	0'07153	0'11319	0'15486	0'19753	0'23819	s 43 d 0'00050
44	d	0'03056	0'07222	0'11389	0'15556	0'19822	0'23889	s 44 d 0'00051
45	d	0'03125	0'07292	0'11458	0'15625	0'19892	0'23958	s 45 d 0'00052
46	d	0'03194	0'07361	0'11528	0'15694	0'19961	0'24028	s 46 d 0'00053
47	d	0'03264	0'07431	0'11598	0'15764	0'20031	0'24097	s 47 d 0'00054
48	d	0'03333	0'07500	0'11667	0'15833	0'20100	0'24167	s 48 d 0'00056
49	d	0'03403	0'07569	0'11736	0'15903	0'20169	0'24236	s 49 d 0'00057
50	d	0'03472	0'07639	0'11806	0'15972	0'20239	0'24306	s 50 d 0'00058
51	d	0'03542	0'07708	0'11875	0'16042	0'20308	0'24375	s 51 d 0'00059
52	d	0'03611	0'07778	0'11944	0'16111	0'20378	0'24444	s 52 d 0'00060
53	d	0'03681	0'07847	0'12014	0'16181	0'20447	0'24514	s 53 d 0'00061
54	d	0'03750	0'07917	0'12083	0'16250	0'20517	0'24583	s 54 d 0'00062
55	d	0'03819	0'07986	0'12153	0'16319	0'20586	0'24653	s 55 d 0'00064
56	d	0'03889	0'08056	0'12222	0'16389	0'20656	0'24722	s 56 d 0'00065
57	d	0'03958	0'08125	0'12292	0'16458	0'20725	0'24792	s 57 d 0'00066
58	d	0'04028	0'08194	0'12361	0'16528	0'20794	0'24861	s 58 d 0'00067
59	d	0'04097	0'08264	0'12431	0'16597	0'20864	0'24931	s 59 d 0'00068

II. PRETVARANJE SATOVA, MINUTA I SEKUNDA  
U DECIMALNE DIJELOVE DANA

m	h	6 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup>	8 <sup>h</sup>	9 <sup>h</sup>	10 <sup>h</sup>	11 <sup>h</sup>	Sekunde
0	d	0'25000	0'20167	0'33333	0'37500	0'41667	0'45833	s 0 d 0'00000
1	d	0'25069	0'20236	0'33403	0'37569	0'41736	0'45903	s 1 d 0'00001
2	d	0'25139	0'20306	0'33472	0'37639	0'41806	0'45972	s 2 d 0'00002
3	d	0'25208	0'20375	0'33542	0'37708	0'41875	0'46042	s 3 d 0'00003
4	d	0'25278	0'20444	0'33611	0'37778	0'41944	0'46111	s 4 d 0'00005
5	d	0'25347	0'20514	0'33681	0'37847	0'42014	0'46181	s 5 d 0'00006
6	d	0'25417	0'20583	0'33750	0'37917	0'42083	0'46250	s 6 d 0'00007
7	d	0'25486	0'20653	0'33819	0'37986	0'42153	0'46319	s 7 d 0'00008
8	d	0'25556	0'20722	0'33889	0'38056	0'42222	0'46389	s 8 d 0'00009
9	d	0'25625	0'20792	0'33958	0'38125	0'42292	0'46458	s 9 d 0'00010
10	d	0'25694	0'20861	0'34028	0'38194	0'42361	0'46528	s 10 d 0'00012
11	d	0'25764	0'20931	0'34097	0'38264	0'42431	0'46597	s 11 d 0'00013
12	d	0'25833	0'21000	0'34167	0'38333	0'42500	0'46667	s 12 d 0'00014
13	d	0'25903	0'21069	0'34236	0'38403	0'42569	0'46736	s 13 d 0'00015
14	d	0'25972	0'21139	0'34306	0'38472	0'42639	0'46806	s 14 d 0'00016
15	d	0'26042	0'21208	0'34375	0'38542	0'42708	0'46875	s 15 d 0'00017
16	d	0'26111	0'21278	0'34444	0'38611	0'42778	0'46944	s 16 d 0'00019
17	d	0'26181	0'21347	0'34514	0'38681	0'42847	0'47014	s 17 d 0'00020
18	d	0'26250	0'21417	0'34583	0'38750	0'42917	0'47083	s 18 d 0'00021
19	d	0'26319	0'21486	0'34653	0'38819	0'42986	0'47153	s 19 d 0'00022
20	d	0'26389	0'21556	0'34722	0'38889	0'43056	0'47222	s 20 d 0'00023
21	d	0'26458	0'21625	0'34792	0'38958	0'43125	0'47292	s 21 d 0'00024
22	d	0'26528	0'21694	0'34861	0'39028	0'43194	0'47361	s 22 d 0'00025
23	d	0'26597	0'21764	0'34931	0'39097	0'43264	0'47431	s 23 d 0'00027
24	d	0'26667	0'21833	0'35000	0'39167	0'43333	0'47500	s 24 d 0'00028
25	d	0'26736	0'21903	0'35069	0'39236	0'43403	0'47569	s 25 d 0'00029
26	d	0'26806	0'21972	0'35139	0'39306	0'43472	0'47639	s 26 d 0'00030
27	d	0'26875	0'22042	0'35208	0'39375	0'43542	0'47708	s 27 d 0'00031
28	d	0'26944	0'22111	0'35278	0'39444	0'43611	0'47778	s 28 d 0'00032
29	d	0'27014	0'22181	0'35347	0'39514	0'43681	0'47847	s 29 d 0'00034



II. PRETVARANJE SATOVA, MINUTA I SEKUNDA  
U DECIMALNE DIJELOVE DANA

m	h		6 <sup>h</sup>		7 <sup>h</sup>		8 <sup>h</sup>		9 <sup>h</sup>		10 <sup>h</sup>		11 <sup>h</sup>		Sekunde		
	m	s	d	s	d	s	d	s	d	s	d	s	d	s	d	s	
30	0	27083	0	31230	0	35417	0	39583	0	43750	0	47917	0	52083	0	00035	
31	0	27153	3	31319	3	35486	3	39653	3	43810	3	47986	3	52153	0	00036	
32	0	27222	6	31380	6	35556	6	39722	6	43889	6	48056	6	52222	0	00037	
33	0	27292	9	31438	9	35625	9	39792	9	43958	9	48125	9	52292	0	00038	
34	0	27361	12	31498	12	35694	12	39861	12	44028	12	48194	12	52361	0	00039	
35	0	27431	15	31557	15	35764	15	39931	15	44097	15	48261	15	52431	0	00041	
36	0	27500	18	31667	18	35833	18	40000	18	44167	18	48333	18	52500	0	00042	
37	0	27569	21	31736	21	35902	21	40069	21	44236	21	48402	21	52569	0	00043	
38	0	27639	24	31806	24	35972	24	40139	24	44306	24	48472	24	52639	0	00044	
39	0	27708	27	31875	27	36042	27	40208	27	44375	27	48542	27	52708	0	00045	
40	0	27778	30	31944	30	36111	30	40278	30	44444	30	48611	30	52778	0	00046	
41	0	27847	33	32014	33	36181	33	40347	33	44514	33	48681	33	52847	0	00047	
42	0	27917	36	32083	36	36250	36	40417	36	44583	36	48750	36	52917	0	00049	
43	0	27986	39	32153	39	36319	39	40486	39	44653	39	48819	39	52986	0	00050	
44	0	28056	42	32222	42	36389	42	40556	42	44722	42	48889	42	53056	0	00051	
45	0	28125	45	32292	45	36458	45	40625	45	44792	45	48958	45	53125	0	00052	
46	0	28194	48	32361	48	36528	48	40694	48	44861	48	49028	48	53194	0	00053	
47	0	28264	51	32431	51	36597	51	40764	51	44931	51	49097	51	53264	0	00054	
48	0	28333	54	32500	54	36667	54	40833	54	45000	54	49167	54	53333	0	00056	
49	0	28403	57	32569	57	36736	57	40903	57	45069	57	49236	57	53403	0	00057	
50	0	28472	0	32639	0	36806	0	40972	0	45139	0	49306	0	53472	0	00058	
51	0	28542	3	32708	3	36875	3	41042	3	45208	3	49375	3	53542	0	00059	
52	0	28611	6	32778	6	36944	6	41111	6	45278	6	49444	6	53611	0	00060	
53	0	28681	9	32847	9	37014	9	41181	9	45347	9	49514	9	53681	0	00061	
54	0	28750	12	32917	12	37083	12	41250	12	45417	12	49583	12	53750	0	00062	
55	0	28819	15	32986	15	37153	15	41319	15	45486	15	49653	15	53819	0	00064	
56	0	28889	18	33056	18	37222	18	41389	18	45556	18	49722	18	53889	0	00065	
57	0	28958	21	33125	21	37292	21	41458	21	45625	21	49792	21	53958	0	00066	
58	0	29028	24	33194	24	37361	24	41528	24	45694	24	49861	24	54028	0	00067	
59	0	29097	27	33264	27	37431	27	41597	27	45764	27	49931	27	54097	0	00068	
																0	50000

12. DEPRESIJA HORIZONTA I DALJINA VIDA

Visina u metrima	Depresija horizonta	Daljina vida		Visina u metrima	Depresija horizonta	Daljina vida		Visina u metrima	Depresija horizonta	Daljina vida	
		u milja- ma	u km			u milja- ma	u km			u milja- ma	u km
1	1' 46"	2'10	3'39	26	9' 02"	10'71	19'83	55	13' 09"	15'58	28'85
2	2' 30	2'97	5'50	27	9' 13	10'92	20'22	60	13' 44	16'27	30'13
3	3' 04	3'64	6'64	28	9' 23	11'12	20'59	65	14' 13	16' 94	31'37
4	3' 33	4'20	7'78	29	9' 33	11'32	20' 96	70	14' 50	17'53	32'56
5	3' 58	4'70	8'70	30	9' 43	11'51	21'32	75	15' 21	18'20	33'71
6	4' 21	5'15	9'54	31	9' 52	11'70	21'67	80	15' 51	18'79	34'80
7	4' 41	5'56	10'30	32	10' 02	11'39	22'02	85	16' 20	19'37	35'87
8	5' 01	5'94	11'00	33	10' 11	12'07	22'35	90	16' 49	19'94	36'87
9	5' 19	6'31	11'69	34	10' 20	12'25	22'68	95	17' 16	20'48	37'93
10	5' 36	6'65	12'32	35	10' 29	12'43	23'02	100	17' 43	21'01	38'01
11	5' 53	6'97	12'91	36	10' 38	12'61	23'35	125	19' 49	23'50	43'52
12	6' 09	7'28	13'48	37	10' 47	12'78	23'67	150	21' 42	25'74	47'67
13	6' 24	7'58	14'04	38	10' 56	12'95	23'98	175	23' 26	27'80	51'49
14	6' 38	7'86	14'56	39	11' 04	13'12	24'30	200	25' 04	29'72	55'04
15	6' 52	8'14	15'08	40	11' 13	13'29	24'61	225	26' 35	31'52	58'38
16	7' 06	8'41	15'58	41	11' 21	13'46	24'93	250	28' 01	33'23	61'64
17	7' 19	8'67	16'06	42	11' 29	13'62	25'22	275	29' 23	34'85	64'54
18	7' 31	8'92	16'52	43	11' 37	13'78	25'25	300	30' 42	36'39	67'39
19	7' 44	9'16	16'96	44	11' 46	13'94	25'82	325	31' 56	37'88	70'15
20	7' 56	9'40	17'41	45	11' 54	14'09	26'09	350	33' 09	39'31	72'80
21	8' 08	9'63	17'83	46	12' 01	14'25	26'39	400	35' 26	42'03	77'84
22	8' 19	9'85	18'24	47	12' 09	14'41	26'69	450	37' 35	44'57	82'54
23	8' 30	10'08	18'67	48	12' 17	14'56	26'97	500	39' 37	46' 99	87'03
24	8' 41	10'29	19'06	49	12' 25	14'71	27'24	750	48' 32	57'55	106'58
25	8' 52	10'51	19'46	50	12' 32	14'86	27'52	1000	56' 02	66'45	123'07

13. MJERE ZA DALJINE U ASTRONOMIJI

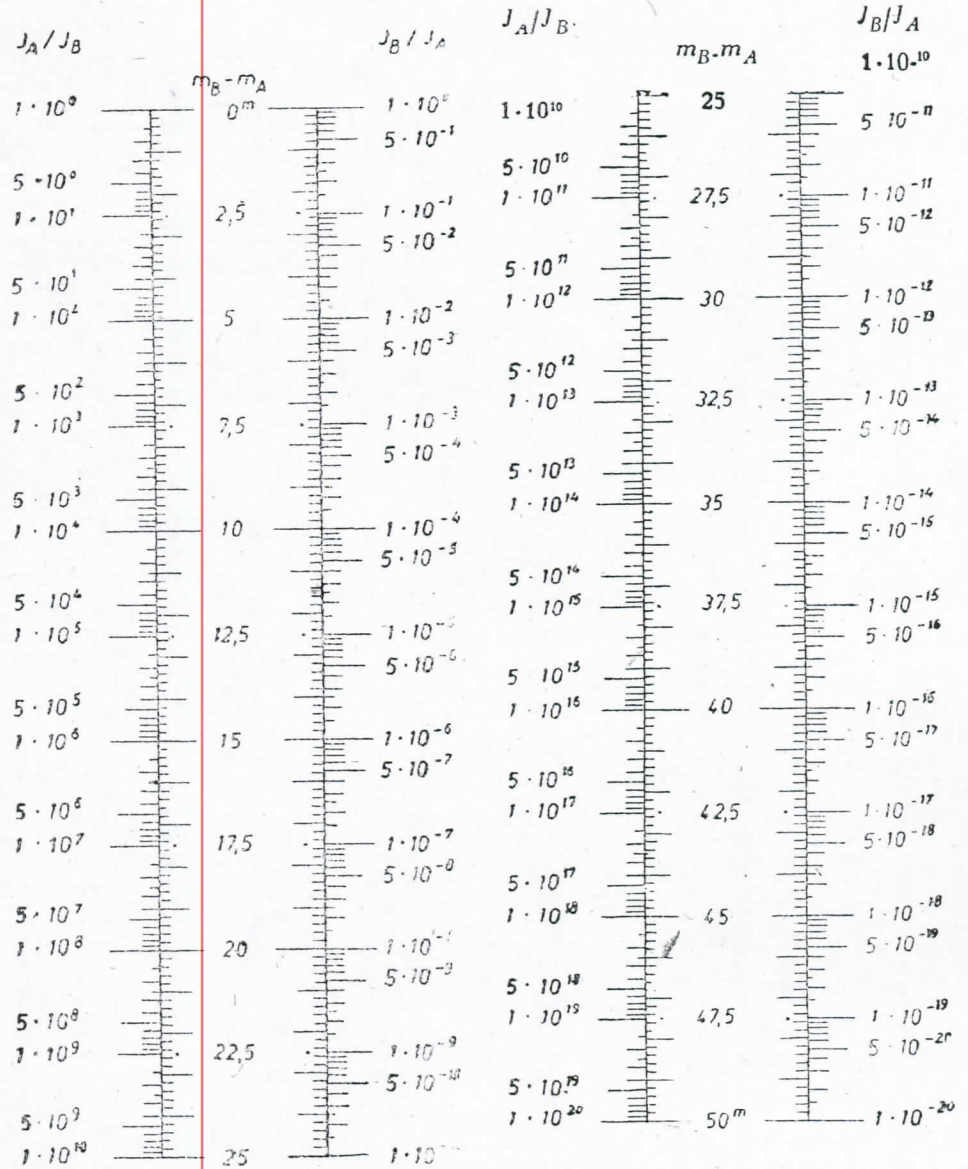
Jedinica daljine	km	astr. jed.	god. svjet.	parseka
Astronom. jedinica	$1.495 \times 10^8$	1	$15.802 \times 10^{-4}$	$4.848 \times 10^{-6}$
Godina svjetlosti	$0.460 \times 10^{12}$	63 275	1	0.3068
Parsek	$3.084 \times 10^{13}$	206 264 806	$8 \cdot 2508$	1

14. PRETVARANJE PRIVIDNIH VELIČINA ZVIJEZDA U APSOLUTNE

$\pi$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\pi$
0°00	∞	-10°00	-8°45	-7°01	-6°09	-5°31	-6°11	-5°77	-5°48	-5°23	0°00
01	-5°00	-4°79	-4°60	-4°43	-4°27	-4°12	-3°98	-3°85	-3°72	-3°61	01
02	-3°40	-3°30	-3°29	-3°19	-3°10	-3°01	-2°93	-2°84	-2°76	-2°69	02
03	-2°61	-2°54	-2°47	-2°41	-2°34	-2°28	-2°22	-2°16	-2°10	-2°04	03
04	-1°50	-1°54	-1°58	-1°53	-1°48	-1°43	-1°38	-1°34	-1°30	-1°26	04
05	-1°31	-1°46	-1°42	-1°38	-1°34	-1°30	-1°26	-1°22	-1°18	-1°15	05
06	-1°11	-1°07	-1°04	-1°00	-0°97	-0°94	-0°90	-0°87	-0°84	-0°81	06
07	-0°77	-0°74	-0°71	-0°68	-0°65	-0°62	-0°60	-0°57	-0°54	-0°51	07
08	-0°48	-0°46	-0°43	-0°40	-0°38	-0°35	-0°33	-0°30	-0°28	-0°25	08
09	-0°23	-0°20	-0°18	-0°16	-0°13	-0°11	-0°09	-0°07	-0°04	-0°02	09
10	0°00	+0°39	+0°39	+0°57	+0°73	+0°88	+1°02	+1°15	+1°28	+1°39	10
20	+1°31	+1°01	+1°71	+1°81	+1°90	+1°99	+2°08	+2°15	+2°23	+2°31	20
30	+2°38	+2°45	+2°52	+2°60	+2°65	+2°72	+2°78	+2°84	+2°90	+2°95	30
40	+3°01	+3°06	+3°12	+3°17	+3°22	+3°27	+3°31	+3°36	+3°40	+3°45	40
50	+3°40										50
0°50											0°50

15. PRETVARANJE RAZLIKE VELIČINA U OMJER SJAJA

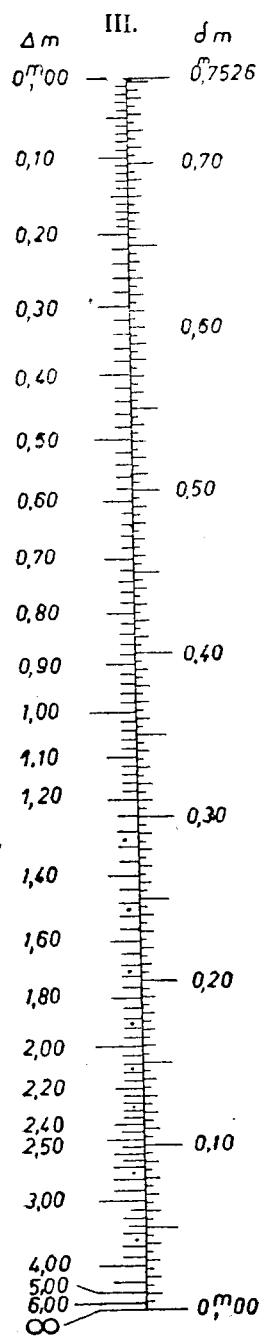
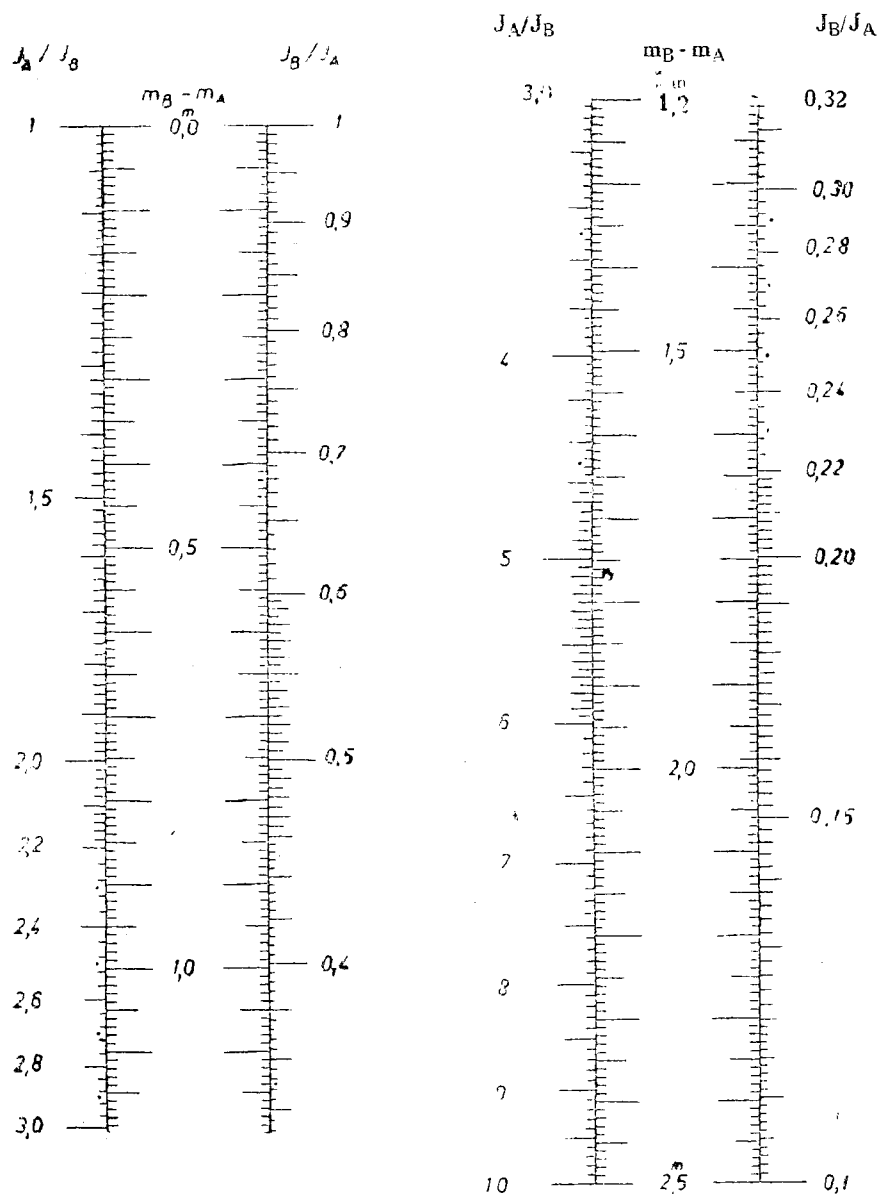
I.





15. PRETVARANJE RAZLIKE VELIČINA  
U OMJER SJAJA

II.



Pomoću nomograma može se lako odrediti omjer sjaja za sve razlike zvjezdanih veličina, koje se javljaju u astronomiji. Prve dvije skale obuhvaćaju razlike do 50 veličina, što znači da obuhvaćaju područje od  $-27^m$  prividne veličine Sunca do  $+23^m$  prividne veličine najslabijih objekata, koji se još daju fotografirati teleskopom na Mt. Palomaru. Time je obuhvaćeno i cijelo područje apsolutnih veličina od  $-17^m$  za supernovae, do  $+20^m$  za najslabije zvijezde patuljke. Na prve dvije skale imamo s lijeve vanjske strane omjer sjaja  $I_A$  zvijezde A prema sjaju  $I_B$  zvijezde B, a na desnoj vanjskoj strani njegovu recipročnu vrijednost, t. j. omjer  $I_B : I_A$ . U sredini su navedene razlike u veličinama  $m_B - m_A$ . Zbog velikog područja, te prve dvije skale su u gruboj podjeli i dovoljno je da očitamo omjer sjaja samo do najbliže manje potencije od deset. Za točnije određivanje služe nam druge dvije skale, koje predočuju omjer sjaja za razliku veličina  $2,^m5$ .

Brojni primjer:

Koji je omjer sjaja za razliku veličina  $m_B - m_A = 23,^m85$ ? Iz skale I. vidi se da je najbliža manja potencija omjera  $I_A : I_B$  jednaka  $10^0$ , kojoj odgovara razlika od  $22,^m5$ . Na skali II. vidimo da preostaloj razlici  $23,^m85 - 22,^m5 = 1,^m35$  odgovara omjer sjaja 3,47. Prema tome ukupnoj razlici od  $23,^m85$  odgovara omjer sjaja  $3,47 \times 10^0$ . Želimo li recipročan odnos  $I_B : I_A$  onda očitamo na skali I. s desne  $10^{-0}$ , a na skali II. 0,288, dakle je ukupni omjer  $0,288 \times 10^{-0}$ .

Pomoću skale III. može se odrediti ukupna veličina neke dvojne zvijezde, ako se znaju veličine obih komponenta. Pri razlici  $m_B - m_A = \Delta m$  poznatih veličina komponenta, nađe se iz skale III. iznos  $\delta m$  koji treba oduzeti od veličine sjajnije komponente,\* da se dobije veličina  $m_{A+B}$  zvjezdanog para uzetog zajedno.

Brojni primjer:

Komponente dvojne zvijezde  $\alpha$  Centauri imaju prividne veličine  $m_A = 0,^m33$  i  $m_B = 1,^m70$ ; dakle je  $\Delta m = m_B - m_A = 1,^m37$ , tome na skali III. odgovara  $\delta m = 0,^m27$ , dakle je  $m_{A+B} = m_A - \delta m = 0,^m33 - 0,^m27 = 0,^m06$  a to se točno slaže s navedenom prividnom veličinom  $\alpha$  Centauri na strani 115.

\* ne valja smetnuti s uma, da sjajnijoj zvijezdi odgovara manja veličina.

16. GLAVNE SPEKTRALNE LINIJE SUNČEVA SPEKTRA

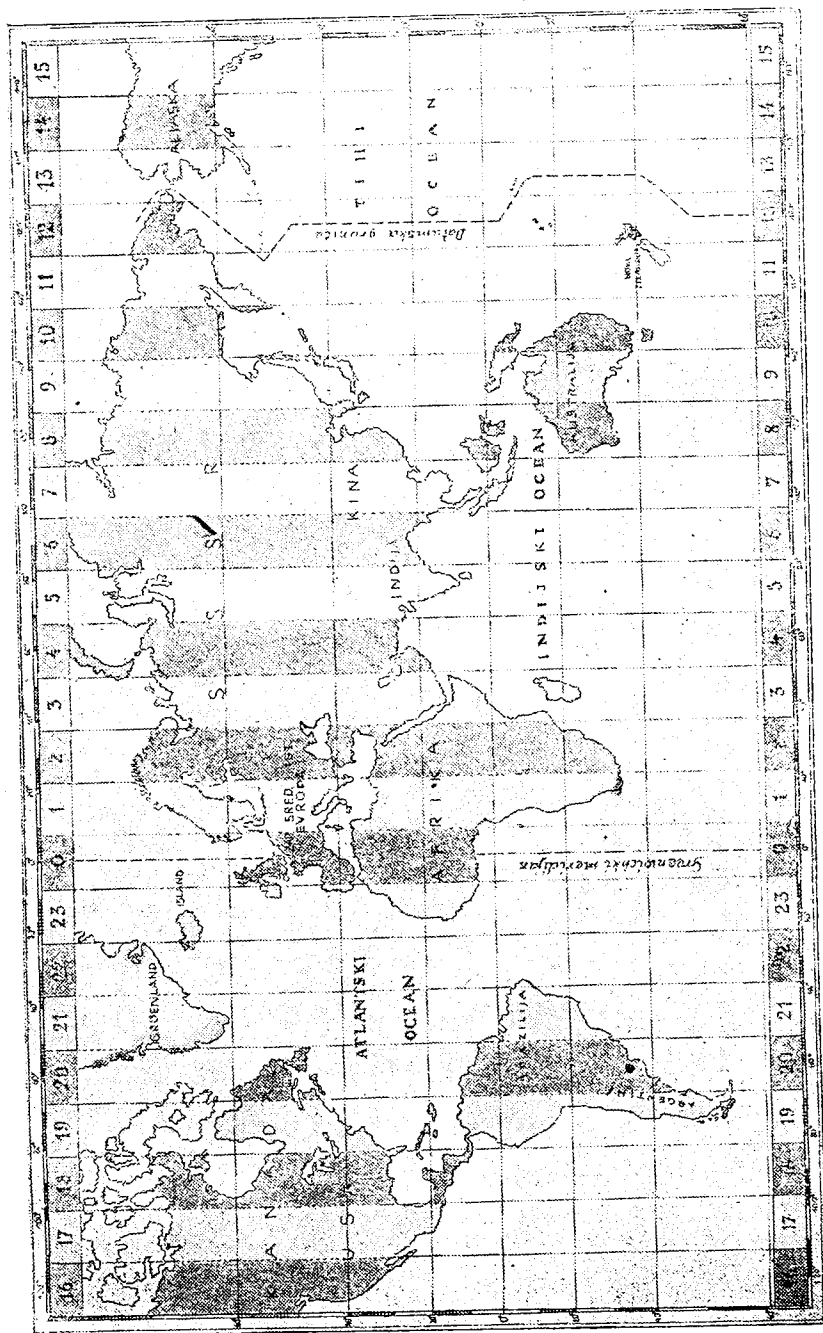
Red. br.	Fraunhofer-ova oznaka linije	Duljina vala Angström = 0.1 μm	Kemijski element	Boja spektra	Red. br.	Fraunhofer-ova oznaka linije	Boja spektra	Red. br.	Kemijski element	Duljina vala Angström = 0.1 μm	Fraunhofer-ova oznaka linije	Boja spektra	Kemijski element	Boja spektra
1	A	7621.3	O <sub>2</sub> zem. atm.	Infracrvena	23	h	Infra crvena	23	Hδ	4101.8	h	Infra crvena	Hδ	Ljubičasta
2	B	7594.1	"	Orvena	24	H	Orvena	24	Ca+	3968.5	H	Orvena	Ca+	Ljubičasta
3	B	7184.6	H <sub>2</sub> O		25	K		Orvena	25	Ca+	3933.7		K	
4	C	6870.2	O <sub>2</sub>	26	L	Narančasta	26		L	3820.4	L	Narančasta	Fe	Ultra-ljubičasta
5	C	6562.8	Hα	27	M		Narančasta	27	M	3727.6	M		Narančasta	
6	D	6278.1	Zemlj. atm.	žuta	28	N		žuta	28	N	3581.2	N		žuta
7	D	5895.9	Na		29	O	žuta		29	O	3441.0	O	žuta	
8	D	5890.0	Na	30	P	Zelena		30	P	3361.2	P	Zelena		Ti
9	D	5875.6	He	31	Q		Zelena	31	Q	3286.8	Q		Zelena	Fe
10	E	5270.3	Fe, Ca	32	R	Zelena		32	R	3181.3	R	Zelena		Ca
11	E	5269.5	Fe	33	r		Zelena	33	r	3179.3	r		Zelena	Ca
12	E	5183.6	Mg	34	S	Plava		34	S	3144.5	S	Plava		Fe
13	E	5172.7	Mg	35	S		Plava	35	S	3100.7	S		Plava	Fe
14	E	5160.0	Fe	36	S	Plava		36	S	3100.3	S	Plava		Fe
15	F	5167.4	Fe, Mg	37	T		Plava	37	T	3099.9	T		Plava	Fe
16	F	4861.4	Hβ	38	t	Modra		38	t	3047.6	t	Modra		Fe
17	F	4383.5	Fe	39	U		Modra	39	U	3021.0	U		Modra	Fe
18	G	4340.4	Hγ	40		Modra		40		2994.4		Modra		Fe
19	G	4325.8	Fe	41			Modra	41		2980.0			Modra	Fe
20	G	4307.9	Fe, Ti	42		Modra		42		2947.4		Modra		Fe
21	G	4307.7	Ca				Modra						Modra	
22	G	4226.7	Ca			Modra						Modra		

17. VREMENSKE ZONE

Vrijeme	Oznaka zone	Ime zemlje	Vrijeme	Oznaka zone	Ime zemlje
9 h	Zapadno-evropsko vrijeme	Irska, Velika Britanija, Belgija, Luksembur, Španija, Portugal, Alžir.	10 h	—	Sjev. Sahalin, Ist. Australija, Tasmnija, N. Guinea, Maršalovi otoci.
1 h	Srednje-evropsko vrijeme	Skandinavija, Danska, Holandija, Njemačka, Poljska, Čehoslovačka, Švicarska, Austrija, Mađarska, Italija, Jugoslavija, Albanija, Ekvatorska Afrika, Zapadni Kongo.	11 h	—	Novi Hebridi, Nova Kaledonija.
		Finska, Rumunjska, Bugarska, Grčka, Turska, Sirija, Palestina, Egipat, Istočni Kongo, Južna Afrika.	12 h	Novo-zelandsko vrijeme	Fidži otoci, Novi Zeland.
			13 h	—	Aleuti, Samoa, Aljaška.
2 h	Istočno-evropsko vrijeme	Sovijski Savez zapadno od 40° E Abesinija, Somalija, Tanganjika, Madagaskar, Irak, Persija.*	14 h	Alaska Standard Time	Hawai, Aljaška od 162°W do 141°W, Fr. Oceanija
			15 h	—	Aljaška ist. od 141°W, Yukon.
3 h	—	Sovijski Savez od 40° E do 52°30 E Mauritius, Afganistan.	16 h	Pacific Standard Time	Zap. obala Kanade i USA.
			17 h	Mountain Standard Time	Gorski dijelovi USA i Kanade, Sjev. Meksiko.
4 h	—	Indija*, Pakistan*, Ceylon*.	18 h	Central Standard Time	Središnji dijelovi USA i Kanade, Meksiko, Costa Rica.
5 h	—	Burma*.	19 h	Eastern Standard Time	Ist. obala USA, Panama, Kolumbija, Peru, Čile, Zap. Brazilija, Kuba, Venezuela*.
6 h	—	Malaja*, Siam, Sumatra, Hajnan, J. Kina.	20 h	Intercolonial Standard Time	Srednji Brazil, Bolivija, Argentina, Paraguay, Uruguay*.
7 h	—	Indokina, Ist. kinesko primorje, Port Artur, Borneo, Java, Zap. Australija, Filipini, Celebes.	21 h	Istočno-brazilsko vrijeme	Istočni Brazil, Zap. Grönland.
8 h	—	Mandžurija, Koreja, Japan, Formoza, Južna Australija*.	22 h	Južno-atlantsko vrijeme	Istočni Grönland, Azori, Kapverdski otoci.
9 h	—		23 h	Kanarsko vrijeme	Madeira, Kanarski otoci, Island, Rio de Oro.

\*) Zakonito vrijeme u toj zemlji je za pola sata veće nego zonalno.





## 18. GEOGRAFSKE KOORDINATE

Redni broj	Mjesto	Nad-morska visina	Sjeverna širina	Duljina istočno od Greenwicha		Razlika SEV i mjesnog vremena
				u stupnjevima	u vremenu	
		m	° ' "	° ' "	h m s	m s
1	Banja Luka . . .	161	44 46 23	17 11 45	1 08 47'0	- 8 47'0
2	Beograd . . .	—*)	44 49 17	20 27 20	1 21 49'3	- 21 49'3
3	Bihać . . .	231	44 49 00	18 12 27	1 12 49'8	- 12 49'8
4	Bitolj . . .	596	41 01 50	21 20 44	1 25 22'9	- 25 22'9
5	Bjelovar . . .	135	45 53 56	16 50 49	1 07 23'2	- 7 23'2
6	Celje . . .	241	46 13 40	15 16 05	1 01 04'3	- 1 04'3
7	Cetinje . . .	725	42 23 09	18 55 29	1 15 41'9	- 15 41'9
8	Dubrovnik . . .	4	42 38 34	18 06 43	1 12 26'9	- 12 26'9
9	Gorica . . .	86	45 56 35	13 37 44	0 54 30'9	+ 5 20'1
10	Gostivar . . .	526	41 47 50	20 55 12	1 23 40'8	- 23 40'8
11	Jajce . . .	379	44 20 40	17 16 40	1 09 06'7	- 9 06'7
12	Karlovac . . .	112	45 29 34	15 33 31	1 02 14'1	- 2 14'1
13	Kos. Mitrovica . . .	506	42 53 03	20 52 36	1 23 30'4	- 23 30'4
14	Kragujevac . . .	213	44 00 43	20 55 03	1 23 40'2	- 23 40'2
15	Kumanovo . . .	358	42 08 15	21 43 12	1 26 52'8	- 26 52'8
16	Ljubljana . . .	203	46 03 09	14 31 18	0 58 05'2	+ 1 54'8
17	Maribor . . .	274	46 33 34	15 38 59	1 02 35'9	- 2 35'9
18	Mostar . . .	67	43 20 40	17 48 36	1 11 14'4	- 11 14'4
19	Niš . . .	225	43 18 54	21 54 07	1 27 36'5	- 27 36'5
20	Novi Sad . . .	80	45 15 28	19 51 11	1 12 22'7	- 12 22'7
21	Osijek . . .	94	45 33 41	18 42 09	1 14 48'6	- 14 48'6
22	Peć . . .	505	42 39 30	20 18 23	1 21 13'5	- 21 13'5
23	Postojna . . .	676	45 46 47	14 12 51	0 56 51'4	+ 3 08'6
24	Prilep . . .	648	41 20 45	21 33 37	1 26 14'5	- 26 14'5
25	Prizren . . .	405	42 12 50	20 44 32	1 22 58'1	- 22 58'1
26	Pula . . .	32	44 51 49	13 50 44	0 55 22'9	+ 1 37'1
27	Rijeka . . .	3	45 19 38	14 26 44	0 57 46'9	+ 2 13'1
28	Sarajevo . . .	537	43 51 36	18 25 38	1 13 42'5	- 13 42'5
29	Skopje . . .	242	42 00 07	21 26 48	1 25 47'2	- 25 47'2
30	Split . . .	9	43 30 40	16 26 28	1 05 45'8	- 5 45'8
31	Subotica . . .	114	46 06 00	19 40 12	1 18 40'8	- 18 40'8
32	Štip . . .	303	41 44 36	22 13 16	1 28 53'1	- 28 53'1
33	Telovo . . .	486	42 00 41	20 59 28	1 23 57'9	- 23 57'9
34	Titograd . . .	62	42 26 07	19 15 55	1 17 03'6	- 17 03'6
35	Titovo Užice . . .	411	43 51 21	19 51 00	1 19 24'0	- 19 24'0
36	Trst . . .	68	45 38 36	13 46 14	0 55 04'9	+ 4 55'1
37	Tuzla . . .	232	44 32 17	18 42 03	1 14 44'2	- 14 44'2
38	Varaždin . . .	173	46 18 28	16 20 33	1 05 22'2	- 5 22'2
39	Zagreb . . .	135	45 48 58	15 59 00	1 03 56'0	- 3 56'0
40	Zaječar . . .	128	43 54 13	22 16 50	1 20 07'3	- 20 07'3

\*) Zelj. stanica 76 m

19. JEDINICE ZA DULJINU

	centimetar cm	hvat hv	stopa	palac	rif	lakat (aršin)	inch	foot ft	yard yd	mile (britanska)	vrsta
cm	1	5,26·10 <sup>-3</sup>	0,0316	0,38	1,20·10 <sup>-2</sup>	1,5·10 <sup>-2</sup>	0,394	3,28·10 <sup>-2</sup>	1,1·10 <sup>-2</sup>	6,2·10 <sup>-6</sup>	9,37·10 <sup>-8</sup>
hvat	190	1	6,03	72,5	2,45	2,86	74,6	6,25	2,08	1,18·10 <sup>-3</sup>	1,78·10 <sup>-3</sup>
stopa	31,6	0,166	1	12,05	0,406	0,476	12,5	1,04	0,346	1,96·10 <sup>-4</sup>	2,962·10 <sup>-4</sup>
palac	2,63	1,38·10 <sup>-2</sup>	8,3·10 <sup>-2</sup>	1	3,4·10 <sup>-2</sup>	3,95·10 <sup>-2</sup>	1,05	8,6·10 <sup>-2</sup>	2,89·10 <sup>-2</sup>	1,63·10 <sup>-5</sup>	2,405·10 <sup>-5</sup>
rif	77,76	0,408	2,46	29,55	1	1,16	30,5	2,53	0,85	4,8·10 <sup>-4</sup>	7,29·10 <sup>-4</sup>
lakat (aršin)	66,6	0,35	2,1	25,3	0,86	1	26,2	2,19	0,73	4,13·10 <sup>-4</sup>	6,24·10 <sup>-4</sup>
inch	2,54	13,4·10 <sup>-3</sup>	8,10 <sup>-2</sup>	0,965	3,28·10 <sup>-2</sup>	3,81·10 <sup>-2</sup>	1	8,3·10 <sup>-2</sup>	2,78·10 <sup>-2</sup>	1,58·10 <sup>-5</sup>	2,381·10 <sup>-5</sup>
foot	30,48	0,160	0,963	11,6	0,395	0,457	12	1	0,333	1,89·10 <sup>-4</sup>	2,857·10 <sup>-4</sup>
yard	91,4	0,481	2,89	34,8	1,18	1,37	36	3	1	5,65·10 <sup>-4</sup>	8,57·10 <sup>-4</sup>
mile	1,61·10 <sup>5</sup>	847	5100	61200	2080	2420	63500	5280	1770	1	1,51
vrsta	1,067·10 <sup>5</sup>	5,62·10 <sup>5</sup>	3,38·10 <sup>3</sup>	4,06·10 <sup>4</sup>	1,37·10 <sup>3</sup>	1,60·10 <sup>3</sup>	4,20·10 <sup>4</sup>	3,50·10 <sup>3</sup>	1,167·10 <sup>2</sup>	0,60	1

20. JEDINICE ZA POVRŠINU

	Kvadratni centimetar cm <sup>2</sup>	Kvadratni metar m <sup>2</sup>	hektar ha	ar a	Kvadratni hvat hv <sup>2</sup>	jutro tal	lanac	dunum	acre (of land)	sq. inch	sq. foot
cm <sup>2</sup>	1	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-6</sup>	2,78·10 <sup>-4</sup>	1,74·10 <sup>-3</sup>	1,39·10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-7</sup>	2,47·10 <sup>-9</sup>	0,155	1,08·10 <sup>-3</sup>
m <sup>2</sup>	10 <sup>4</sup>	1	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-2</sup>	0,278	1,74·10 <sup>-4</sup>	1,39·10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	2,47·10 <sup>-4</sup>	1,55·10 <sup>2</sup>	10,8
ha	10 <sup>8</sup>	10 <sup>4</sup>	1	100	2,78·10 <sup>-3</sup>	1,738	1,39	10	2,47	1,55·10 <sup>7</sup>	1,08·10 <sup>6</sup>
a	10 <sup>6</sup>	100	10 <sup>-2</sup>	1	27,8	1,74·10 <sup>-2</sup>	1,39·10 <sup>-2</sup>	0,1	2,47·10 <sup>-2</sup>	1,55·10 <sup>5</sup>	1,08·10 <sup>4</sup>
hv <sup>2</sup>	3,597·10 <sup>4</sup>	3,597	3,597·10 <sup>-4</sup>	3,597·10 <sup>-2</sup>	1	6,25·10 <sup>-4</sup>	5·10 <sup>-4</sup>	3,597·10 <sup>-3</sup>	8,9·10 <sup>-4</sup>	5,58·10 <sup>3</sup>	38,8
jutro tal	5,75·10 <sup>7</sup>	0,575·10 <sup>4</sup>	0,575	57,5	1,6·10 <sup>2</sup>	1	0,8	5,75	1,42	8,93·10 <sup>8</sup>	6,17·10 <sup>4</sup>
lanac	7,2·10 <sup>7</sup>	7,2·10 <sup>5</sup>	0,72	72	2·10 <sup>3</sup>	1,25	1	7,2	1,775	1,115·10 <sup>7</sup>	7,75·10 <sup>4</sup>
dunum	10 <sup>7</sup>	10 <sup>3</sup>	0,1	10	278	0,174	0,139	1	0,247	1,55·10 <sup>6</sup>	1,08·10 <sup>5</sup>
acre	4,047·10 <sup>7</sup>	4,047·10 <sup>5</sup>	0,4047	40,47	1125	0,705	0,563	4,047	1	0,29·10 <sup>6</sup>	4,37·10 <sup>4</sup>
sq. inch	6,45	6,45·10 <sup>-4</sup>	0,45·10 <sup>-8</sup>	6,45·10 <sup>-6</sup>	1,79·10 <sup>-4</sup>	1,12·10 <sup>-7</sup>	8,97·10 <sup>-8</sup>	6,45·10 <sup>-7</sup>	1,59·10 <sup>-7</sup>	1	6,94·10 <sup>-2</sup>
sq. foot	929	9,29·10 <sup>-2</sup>	9,29·10 <sup>-6</sup>	9,29·10 <sup>-4</sup>	2,58·10 <sup>-2</sup>	1,62·10 <sup>-4</sup>	1,29·10 <sup>-5</sup>	0,29·10 <sup>-5</sup>	2,29·10 <sup>-5</sup>	144	1

21. JEDINICE ZA VOLUMEN

	kubični centimetar cm <sup>3</sup>	litra l	kubični hvat hv <sup>3</sup>	metrički hvat	šumski hvat	vedro	gallon gll	bushel bsh	cubic inch	cubic foot	plnt
cm <sup>3</sup>	1	10 <sup>-3</sup>	1,465·10 <sup>-1</sup>	2,5·10 <sup>-1</sup>	2,27·10 <sup>-1</sup>	1,765·10 <sup>-5</sup>	2,2·10 <sup>-1</sup>	2,75·10 <sup>-6</sup>	6,1·10 <sup>-2</sup>	3,53·10 <sup>-5</sup>	1,76·10 <sup>-3</sup>
l	10 <sup>3</sup>	1	1,465·10 <sup>-4</sup>	2,5·10 <sup>-4</sup>	2,27·10 <sup>-4</sup>	1,765·10 <sup>-1</sup>	0,22	2,75·10 <sup>-2</sup>	61	3,53·10 <sup>-2</sup>	1,76
hv <sup>3</sup>	6,82·10 <sup>6</sup>	6,32·10 <sup>3</sup>	1	1,71	1,55	1,2·10 <sup>2</sup>	1,5·10 <sup>3</sup>	188	4,16·10 <sup>5</sup>	241	1,21·10 <sup>4</sup>
metrički hvat	4·10 <sup>6</sup>	4·10 <sup>3</sup>	0,585	1	0,9	70,6	8,8·10 <sup>2</sup>	110	2,44·10 <sup>5</sup>	141	7,65·10 <sup>3</sup>
šumski hvat	4,40·10 <sup>6</sup>	4,40·10 <sup>3</sup>	0,645	1,11	1	77,7	9,7·10 <sup>2</sup>	121	2,69·10 <sup>5</sup>	155	7,75·10 <sup>3</sup>
vedro	56,59·10 <sup>3</sup>	56,59	8,3·10 <sup>-3</sup>	1,415·10 <sup>-2</sup>	1,285·10 <sup>-2</sup>	1	12,46	1,56	3,46·10 <sup>3</sup>	2	10 <sup>2</sup>
gll	4,546·10 <sup>3</sup>	4,546	6,65·10 <sup>-4</sup>	1,135·10 <sup>-3</sup>	1,03·10 <sup>-3</sup>	8,02·10 <sup>-2</sup>	1	0,125	2,78·10 <sup>2</sup>	0,16	8
bsh	36,368·10 <sup>3</sup>	36,368	5,32·10 <sup>-3</sup>	9,08·10 <sup>-2</sup>	8,25·10 <sup>-3</sup>	0,642	8	1	2,22·10 <sup>3</sup>	1,285	64
cubic inch	16,387	1,639·10 <sup>-2</sup>	2,4·10 <sup>-6</sup>	4,1·10 <sup>-6</sup>	3,72·10 <sup>-6</sup>	2,89·10 <sup>-4</sup>	3,6·10 <sup>-3</sup>	4,5·10 <sup>-4</sup>	1	5,78·10 <sup>-4</sup>	2,88·10 <sup>-2</sup>
cubic foot	2,832·10 <sup>4</sup>	28,317	4,15·10 <sup>-2</sup>	7,08·10 <sup>-3</sup>	6,43·10 <sup>-3</sup>	0,5	6,23	0,778	1,728·10 <sup>3</sup>	1	49,7
pint	568,2	0,5682	8,33·10 <sup>-5</sup>	1,42·10 <sup>-1</sup>	1,29·10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	0,125	1,562·10 <sup>-2</sup>	31,70	2,01·10 <sup>-2</sup>	1

U VII. i VIII. koloni: navedene su britanske jedinice. Američke se razlikuju od ovih. Evo vrijednosti američkih jedinica.  
gallon (agll) = 3,785 l  
bushel (absh) = 35,24 l

22. JEDINICE ZA TEZINU

	gram g	kilogram kg	metrička centa q	tona t	puđ Pd	oka	funta lb	ounce (unca) oz	engleska tona	američka tona
g	1	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	6,1·10 <sup>-5</sup>	7,81·10 <sup>-1</sup>	2,2·10 <sup>-3</sup>	3,53·10 <sup>-2</sup>	9,85·10 <sup>-7</sup>	1,1·10 <sup>-6</sup>
kg	10 <sup>3</sup>	1	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	6,1·10 <sup>-2</sup>	0,781	2,205	35,3	9,85·10 <sup>-4</sup>	1,1·10 <sup>-3</sup>
q	10 <sup>5</sup>	10 <sup>2</sup>	1	0,1	6,1	78,1	220,5	3530	9,85·10 <sup>-2</sup>	0,11
l	10 <sup>6</sup>	10 <sup>3</sup>	10	1	61	781	2205	3,53·10 <sup>4</sup>	0,985	1,1
Pd	16,38·10 <sup>3</sup>	16,38	0,1638	1,638·10 <sup>-2</sup>	1	12,8	36,1	578	1,615·10 <sup>-2</sup>	1,81·10 <sup>-2</sup>
oka	1,28·10 <sup>2</sup>	1,28	1,28·10 <sup>-2</sup>	1,28·10 <sup>-3</sup>	7,81·10 <sup>-2</sup>	1	2,82	45,2	1,26·10 <sup>-3</sup>	1,41·10 <sup>-3</sup>
lb	453,6	0,4536	4,536·10 <sup>-3</sup>	4,536·10 <sup>-4</sup>	2,77·10 <sup>-2</sup>	0,3540	1	16	4,475·10 <sup>-1</sup>	5·10 <sup>-4</sup>
oz	28,35	2,835·10 <sup>-2</sup>	2,835·10 <sup>-1</sup>	2,835·10 <sup>-5</sup>	1,73·10 <sup>-3</sup>	2,21·10 <sup>-2</sup>	6,24·10 <sup>-2</sup>	1	2,79·10 <sup>-5</sup>	3,12·10 <sup>-5</sup>
engleska tona	1,016·10 <sup>6</sup>	1016	10,16	1,016	61,9	791	2235	3,58·10 <sup>4</sup>	1	1,12
američka tona	9,072·10 <sup>5</sup>	907,2	9,072	0,9072	55,3	709	1996	32·10 <sup>3</sup>	0,894	1



23. JEDINICE ZA ENERGIJU

	vat- sekunda Ws	kilovat- sant. kWh	kalorija cal	kilokalorija kcal	termija th	kilo- gram- metar kgm	erg	Mega- elektron- volt MeV	mc <sup>2</sup>	Jedinica mase JM	ft. lb.	B. th. Unit
Ws	1	2,78·10 <sup>-7</sup>	0,239	2,39·10 <sup>-4</sup>	2,39·10 <sup>-7</sup>	0,102	10 <sup>7</sup>	6,25·10 <sup>12</sup>	1,236·10 <sup>13</sup>	6,7·10 <sup>9</sup>	0,737	9,5·10 <sup>-4</sup>
kWh	3,6·10 <sup>6</sup>	1	8,6·10 <sup>5</sup>	860	0,86	3,67·10 <sup>5</sup>	3,6·10 <sup>13</sup>	2,245·10 <sup>16</sup>	4,39·10 <sup>13</sup>	2,42·10 <sup>16</sup>	2,65·10 <sup>6</sup>	3,41·10 <sup>3</sup>
cal	4,185	1,16·10 <sup>-6</sup>	1	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-6</sup>	0,427	4,185·10 <sup>7</sup>	2,612·10 <sup>13</sup>	5,12·10 <sup>13</sup>	2,81·10 <sup>10</sup>	3,08	3,96·10 <sup>-3</sup>
kcal	4185	1,16·10 <sup>-3</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup>	427	4,185·10 <sup>10</sup>	2,612·10 <sup>16</sup>	5,12·10 <sup>16</sup>	2,81·10 <sup>13</sup>	3080	3,96
th	4,185·10 <sup>6</sup>	1,163	10 <sup>6</sup>	10 <sup>3</sup>	1	4,27·10 <sup>5</sup>	4,185·10 <sup>13</sup>	2,612·10 <sup>19</sup>	5,12·10 <sup>19</sup>	2,81·10 <sup>16</sup>	3,08·10 <sup>6</sup>	3960
kgm	9,81	2,72·10 <sup>-6</sup>	2,34	2,34·10 <sup>3</sup>	2,34·10 <sup>-6</sup>	1	9,81·10 <sup>7</sup>	6,12·10 <sup>13</sup>	1,21·10 <sup>14</sup>	6,575·10 <sup>10</sup>	7,23	9,3·10 <sup>-3</sup>
erg	10 <sup>-7</sup>	2,78·10 <sup>-14</sup>	2,39·10 <sup>-8</sup>	2,39·10 <sup>-11</sup>	2,39·10 <sup>-14</sup>	1,02·10 <sup>-5</sup>	1	6,24·10 <sup>5</sup>	1,22·10 <sup>6</sup>	670,37	7,37·10 <sup>-8</sup>	9,5·10 <sup>-11</sup>
MeV	1,6·10 <sup>-13</sup>	4,45·10 <sup>-26</sup>	3,827·10 <sup>-14</sup>	3,827·10 <sup>-17</sup>	3,827·10 <sup>-20</sup>	1,634·10 <sup>-14</sup>	1,802·10 <sup>-6</sup>	1	1,957	1,074·10 <sup>-2</sup>	1,19·10 <sup>-13</sup>	1,518·10 <sup>-10</sup>
mc <sup>2</sup>	8,185·10 <sup>-14</sup>	2,275·10 <sup>-26</sup>	1,955·10 <sup>-14</sup>	1,955·10 <sup>-17</sup>	1,955·10 <sup>-20</sup>	8,25·10 <sup>-15</sup>	8,185·10 <sup>-7</sup>	5,109·10 <sup>-1</sup>	1	5,486·10 <sup>-4</sup>	5,96·10 <sup>-14</sup>	7,66·10 <sup>-17</sup>
JM	1,49·10 <sup>-16</sup>	4,14·10 <sup>-17</sup>	3,56·10 <sup>-11</sup>	3,56·10 <sup>-14</sup>	3,56·10 <sup>-17</sup>	1,52·10 <sup>-11</sup>	1,49·10 <sup>-5</sup>	931,2	1,82·10 <sup>3</sup>	1	1,1·10 <sup>-10</sup>	1,416·10 <sup>-13</sup>
ft. lb.	1,356	3,77·10 <sup>-7</sup>	0,324	3,24·10 <sup>-4</sup>	3,24·10 <sup>-7</sup>	0,1382	1,356·10 <sup>7</sup>	8,48·10 <sup>12</sup>	1,675·10 <sup>-13</sup>	9,08·10 <sup>9</sup>	1	1,287·10 <sup>-3</sup>
B.th. Unit	1053	2,03·10 <sup>-4</sup>	252	0,252	2,52·10 <sup>-4</sup>	107,5	1,053·10 <sup>10</sup>	6,59·10 <sup>15</sup>	1,303·10 <sup>16</sup>	7,06·10 <sup>12</sup>	777	1

U VIII, IX, i X. koloni dane su jedinice iz atomske fizike:

MeV = megaelektronvolt = 10<sup>6</sup>eV (elektronvolta); eV = energija, koju dobije elektron na prolazu kroz polje na čijim krajevima vlada potencijalna razlika 1 Volt.

JM = energija, ekvivalentna jedinici mase (9<sup>00</sup> = 16.000) t. j. 1/18 at. tež. atoma kisika.

mc<sup>2</sup> = energija, koja pripada masi elektrona u stanju mirovanja.

24. JEDINICE ZA SNAGU

	vat W	kilovat kW	erg/s	kilogram- metar u sekundi kgm/s	konjska snaga KS	engl. konjska snaga HP
W	1	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>7</sup>	0,102	1,36·10 <sup>-3</sup>	1,34·10 <sup>-3</sup>
kW	10 <sup>3</sup>	1	10 <sup>10</sup>	102	1,36	1,34
erg/s	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-10</sup>	1	1,02·10 <sup>-8</sup>	1,36·10 <sup>-10</sup>	1,34·10 <sup>-10</sup>
kgm/s	9,81	9,81·10 <sup>-8</sup>	9,81·10 <sup>7</sup>	1	1,33·10 <sup>-2</sup>	1,31·10 <sup>-2</sup>
KS	736	0,736	7,36·10 <sup>8</sup>	75	1	0,985
HP	746	0,746	7,46·10 <sup>8</sup>	76,1	1,014	1

25. JEDINICE ZA TLAK

	kilopond po centi- metru <sup>2</sup> kp/cm <sup>2</sup>	bari din/cm <sup>2</sup>	pieza pz	tor	funta po kvadrat- nom inch-u lb/sq.inch	funta po kvadrat- nom foot-u lb/sq.ft	tona po kvadrat- nom inch-u ton sq.inch	normalna atmo- sfera at
kp/cm <sup>2</sup> (Atm)	1	981	9,81·10 <sup>-2</sup>	760	14,2	2,05	6,35·10 <sup>-6</sup>	0,967
din/cm <sup>2</sup>	1,02·10 <sup>-3</sup>	1	10 <sup>-4</sup>	0,775	1,45·10 <sup>-2</sup>	2,09·10 <sup>-3</sup>	6,47·10 <sup>-3</sup>	9,86·10 <sup>-4</sup>
pz	10,2	10 <sup>4</sup>	1	7,75·10 <sup>3</sup>	145	20,9	6,17·10 <sup>-3</sup>	9,86
tor	1,315·10 <sup>-3</sup>	1,29	1,29·10 <sup>-4</sup>	1	1,87·10 <sup>-2</sup>	2,69·10 <sup>-3</sup>	8,35·10 <sup>-3</sup>	1,275·10 <sup>-3</sup>
lb/sq.inch	7,04·10 <sup>-2</sup>	68,943	6,894·10 <sup>-3</sup>	53,5	1	0,144	4,46·10 <sup>-7</sup>	6,82·10 <sup>-2</sup>
lb/sq.ft	0,488	478,78	4,788·10 <sup>-2</sup>	371	6,94	1	3,095·10 <sup>-6</sup>	0,472
ton/sq.inch	1,576·10 <sup>5</sup>	1,544·10 <sup>8</sup>	1,544·10 <sup>4</sup>	1,196·10 <sup>8</sup>	2,24·10 <sup>6</sup>	3,23·10 <sup>5</sup>	1	1,522·10 <sup>5</sup>
at	1,033	1,013·10 <sup>3</sup>	0,1013	785	14,68	2,12	6,56·10 <sup>-6</sup>	1

## 26. ELEKTRICITET

Veličina	Naziv jedinice	Simbol	Internacionalne jedinice izražene pomoću apsolutnih	Apsolutne jedinice izražene pomoću internacionalnih	Vrijednost u E. M. C. G. S.	Vrijednost u E. S. C. G. S.
jakost struje	amper	A	0,99985	1,0001500	0,1	$3 \cdot 10^9$
množina elektriciteta	kulon	C	0,99985	1,0001500	0,1	$3 \cdot 10^9$
napon	volt	V	1,00034	0,9996601	$10^8$	$3 \cdot 10^{-11}$
otpor	om	$\Omega$	1,00049	0,9995102	$10^9$	$9 \cdot 10^{-11}$
kapacitet	farad	F	0,99951	1,0004902	$10^{-9}$	$9 \cdot 10^{11}$
samoindukcija	Henri	H	1,00049	0,9995102	$10^9$	$9 \cdot 10^{-11}$
snaga	vat	W	1,00019	0,9998100	$10^7$	$10^7$
energija	džaul	J	1,00019	0,9998100	$10^7$	$10^7$

## TUMAČ POMOĆNIM TABLICAMA

- Često puta je potrebno odrediti broj proteklih dana između dva događaja, pa je najzgodnije poslužiti se julijanskim danima, naročito ako vremenski razmak iznosi više od godinu dana. U tom slučaju vremenski razmak iznosi toliko dana, kolika je razlika broja I. D. za oba događaja. Julijanski dani računaju se od početka julijanskog perioda, koga je uveo J. Scaliger 1582. godine. Julijanski period iznosi 7980 julijanskih godina, a počeo je 1. siječnja 4713. godine prije n. e. u 12h (podne).  
Pomoću prve tablice (na str. 144.) lako se izračuna J. D. za bilo koji datum između 1. I. 1900. do 31. XII. 2000. godine. Potrebno je samo zbrojiti godišnji broj, mjesečni broj i datum u mjesecu. Budući da se datum mijenja u ponoć, a J. D. u podne, potrebno je za događaje, koji su se zbili prije podne odbiti jedan dan.  
*Računski primjer:* Koji je J. D. dne 14 novembra 1952? Uz 1952. godinu imamo 2 434 012, budući da je to prestupna godina uz novembar imamo 305, pa treba još dodati datum t. j. 14. Ukupno imamo 2 434 331. Za događaj, koji se zbio prije podne toga dana treba odbiti jedan dan, pa se kaže da se taj događaj zbio 2 434 330-og julijanskog dana.
- Druga i treća tablica služe za određivanje refrakcije prema uputi, kako je navedena ispod samih tablica.
- Četvrta i peta tablica služe, da se pomoću precesije u deklinaciji i rektascenziji odredi položaj za zadanu godinu nekog nebeskog tijela (zvijezde, maglice), čiji je položaj poznat za neku drugu godinu, na pr. 1900'0 U tablicama su navedeni iznosi, za koje se promijene ekvatorske koordinate u jednoj godini. Ti su iznosi različiti za različite (približne) vrijednosti koordinata.  
*Primjer:* Neka se odredi položaj za 1950'0 zvijezde  $\mu$  Ceph (br. 14 u tablici nepravilnih promjenljivih), ako je položaj za 1900'0  $\alpha_0 = 21^h 40^m 4$ ,  $\delta_0 = +58^\circ 19'$ .  
U tablici za precesiju u rektascenziji nalazimo kod  

$$\left. \begin{array}{l} \alpha = 21^h \\ \delta = +50^\circ \end{array} \right\} \Delta \alpha = 1^s 95, \alpha = 22^h \left. \begin{array}{l} \delta = +50^\circ \\ \Delta \alpha = 2^s 28 \end{array} \right\}$$
dakle razlici od 1h odgovara prirast 0's33, a za našu razliku od 0'h7 je prirast 0's23, te je za  $\delta = +50^\circ$ ,  $\alpha = 21^h 7$  . . . . .  $\Delta \alpha = 2^s 18$ .  
Kod  $\delta = +60^\circ$  padne ta korekcija na 1's75, dakle za razliku u deklinaciji od 8° (približno) padne korekcija za 0'3, te iznosi  $\Delta \alpha = 1^s 9$  za jednu godinu, a za 50 godina  $\Delta \alpha = 1^m 6$ .  
U tablici za precesiju u deklinaciji kod  $\alpha = 21^h 40^m$  nalazimo  $\Delta \delta = +16'' 4$  za jednu godinu, a za 50 godina  $\Delta \delta = +13' 7$ .  
Traženi položaj zvijezde u  $\mu$  Ceph za 1950'0 je dakle  

$$\begin{array}{l} 1900'0 \dots \alpha_0 = 21^h 40^m 4 \dots \delta_0 = +58^\circ 19' \\ \text{precesija} \dots \Delta \alpha = + \quad 1^m 6 \dots \Delta \delta = + \quad 13' 7 \\ 1950'0 \dots \alpha = 21^h 42^m 0 \dots \delta = +58^\circ 33' \end{array}$$
- Šesta i sedma tablica donose trajanje građanskog i astronomskog sumraka za geografske širine, koje dolaze u obzir u našoj državi.



Gradanski sumrak (večernji) počinje, kada Sunce zađe, a svršava, kada je Sunce  $6^\circ$  ispod horizonta; tada se na nebeskom svodu vide prve zvijezde, a za vrijeme sumraka može se još na otvorenom čitati bez umjetne rasvjete. Kod jutarnjeg sumraka ide stvar obratno. Astronomski sumrak (večernji) počinje, kada Sunce zađe, a svršava, kada je Sunce  $18^\circ$  ispod horizonta. Tada se već vide i najslabije zvijezde prostim okom.

5. Slijedeće tablice, osma za poludnevni luk, deveta i deseta za pretvaranje zvjezdanoga vremena u srednje i obratno već su na dnu stranice objašnjene kako se upotrebljavaju. U jedanaestoj tablici (str. 153) za pretvaranje satova, minuta i sekunda u decimalne dijelove dana dane su vrijednosti samo za vremenske intervale od 0 do 12 sati. Za vrijednosti od 12 do 24 sata nađe se decimale za vremenski interval preko 12 sati, pa se tome doda 0,5; na pr., treba izraziti  $13^h 25^m 35^s$  u decimalama dana. Pod rubrikom  $13^h 27^m - 12^h = 1^h 27^m$  nađemo  $0^d06042$ . Tome pribrojimo ekvivalent u rubrici sekunde pod  $35^s$ :  $0^d00041$ , a zatim pribrojimo  $0^d5$  jer zadano vrijeme prelazi  $12^h$ , pa konačno imamo:  $0^d56083$ .

Dvanaesta tablica (str. 157) nam daje podatke, koliko bi se na ravnom zemljištu ili moru spustio horizont, odnosno, do koje bi daljine mogli dogledati, ako se izdignemo za odgovarajući broj metara. Tako će, na primjer, kapetan, koji je samo  $5^m$  iznad površine mora vidjeti horizont spušten  $3' 58''$ , a dogledat će čamac daleko  $4,70$  milja ili  $8700$  metara, dok će mornar na vrh jarbola, koji je za  $10$  metara viši od kapetana, vidjeti  $8,14$  milja ili  $15080$  metara daleko, a horizont će mu se spustiti za  $6' 52''$ .

Trinaesta tablica (str. 158.) prikazuje međusobne vrijednosti za različite jedinice daljine, kojima se služimo u astronomiji.

6. Četrnaesta tablica za pretvaranje prividnih veličina u apsolutne temelji se na odnosu  $M = m + 5 + 5 \log \pi$  (Vidi str. 124.).

Primjer: Kolika je apsolutna veličina Siriusa (br. 1 u tablici najsjajnijih zvijezda), ako mu je prividna veličina  $-1^m58$ , a paralaksa  $\pi = 0''373$ ? Po tablici u retku  $0''30$  i stupcu 7 je korekcija  $+2^m84$ , dakle  $M = -1^m58 + 2^m84 = +1^m26 = 1^m3$ .

7. Petnaesta tablica je nomogram za pretvaranje razlike veličine u omjer sjaja i obratno, s uputom. Temelji se na odnosu  $I_A : I_B = (2^{\cdot 512})^{m_A - m_B}$ .

8. Šestnaesta i sedamnaesta tablica glavnih spektralnih linija Sunčeva spektra odn. vremenskih zona razumljive su po sebi. Duljine vala navedene su prema astronomskim mjerenjima. U slici vremenskih zona nisu uzeta u obzir odstupanja granica zona radi državnih granica, kao ni one zemlje, koje nisu prihvatile računanje vremena po vremenskim zonama.

9. U posljednjoj osamnaestoj tablici geografskih koordinata nekih mjesta u Jugoslaviji unijeti su važniji gradovi i oblasna sjedšta. Posljednji stupac u toj tablici pokazuje, koliko je mjesno vrijeme do-

tačno mjesto ispred (—) ili iza (+) vremena srednje-evropskog meridijana  $\lambda = 15^\circ$  ist. od Greenw.cha, t. j. srednje-evropskog vremena, što ga pokazuju satovi.

10. Na kraju slijede neke matematičke i fizičke tabele sa razjašnjenjima. (Vidi članak dr. B. Markovića: Mjerenje i mjere, Bošković 1950., str. 239., i Tabele odnosa, Bošković 1951., str. 152—155).

## UPOTREBA TABLICA LOGARITAMA, SINUSA I TANGENSA

1. Tablice logaritama, antilogaritama, prirodnih sinusa i tangensa na str. 176—183 omogućavaju nam, da izvedemo račune potrebne kod primjene podataka ovog almanaha na rješavanje raznih astronomskih zadataka. Uzmimo kao primjer određivanje prividnog mjesta zvijezde  $\alpha$  Leon's (Regulus) sa str. 122.

Trebamo najprije odrediti  $\log \operatorname{tg} \delta_0$ , gdje je  $\delta_0 = 12^\circ 12' 2''$ . U tablici »prirodni tangensi« na str. 182 nalazimo u retku 12 a stupcu  $12'$  broj  $0^{\cdot}2162$  u stupcu  $18'$  broj  $0^{\cdot}2180$ . Prema tome se vrijednost tangensa mijenja sa  $0^{\cdot}0018$ , ako se kut promjeni za  $6'$ . Za razliku od  $0^{\cdot}2$  dobivamo onda  $0^{\cdot}0001$ . Dakle je  $\operatorname{tg} \delta_0 = \operatorname{tg} 12^\circ 12' 2'' = 0^{\cdot}2163$ .

Sad potražimo logaritam tog broja u tablici »Mantise logaritama« na str. 176. Karakteristika logaritama je 9 cijelih —10. U retku 21 a stupcu 6 nalazimo mantisu 3345. Razliku mantise za četvrtu znamenku 3 zadanog broja nalazimo na desnom kraju cijele tablice u stupcu pod brojem 3, dakle u našem retku broj 6. Prema tome je  $\log 0^{\cdot}2163 = \log \operatorname{tg} 12^\circ 12' 2'' = 9^{\cdot}3351 - 10$ . Taj je rezultat naveden na str. 123.

2. Kad smo tako u istom primjeru našli na pr. vrijednost izraza  $\log (1/15 \operatorname{g} \sin (C + \alpha_0) \cdot \operatorname{tg} \delta_0) = 9^{\cdot}1865$ , treba naći antilogaritmiranjem sam numerus  $1/15 \operatorname{g} \cdot \sin (G + \alpha_0) \cdot \operatorname{tg} \delta_0$ . U tu svrhu uzmemo tablicu »Antilogaritmi« na str. 178 i nalazimo u retku 18 (stupca »Log«) a stupcu 6 broj 1535. Na desnom kraju iste tablice, odvojeno dvostrukom linijom, u istom retku nalazimo popravaku numerusa za posljednju znamenku zadanog logaritma t. j. u stupcu 5. Ona iznosi 2, te je vrijednost traženog izraza  $0^{\cdot}1537$  ili na 3 decimale  $0^{\cdot}154$  (broj cijelih mjesta određuje se prema karakteristici logaritma).

3. Trebamo li neku drugu trigonometrijsku funkciju osim  $\sin$  ili  $\operatorname{tg}$ , kao  $\cos$  ili  $\operatorname{ctg}$ , možemo se poslužiti vezama  $\cos a = \sin (90^\circ - a)$  ili  $\operatorname{ctg} a = \operatorname{tg} (90^\circ - a)$ . Kao primjer, nađimo  $\cos 12^\circ 12' 2''$  i  $\operatorname{ctg} 12^\circ 12' 2''$ . Prema gornjoj formuli imamo  $\cos 12^\circ 12' 2'' = \sin (90^\circ - 12^\circ 12' 2'') = \sin 77^\circ 47' 8''$ . U tablici »Prirodni sinusi« na str. 181. u retku 77 u stupcu pod  $42'$  nalazimo broj  $9770$ ; za preostalih  $5'$  nalazimo u istom retku u stupcu pod  $5'$  broj 3. Budući da za  $6'$  poraste broj za 4, to za  $1'$  poraste za  $0^{\cdot}66$ , a za  $0^{\cdot}8$  za  $0^{\cdot}53$  ili za jednu jedinicu četvrtre decimale, dakle je  $\cos 12^\circ 12' 2'' = 0^{\cdot}9770 + 0^{\cdot}0003 + 0^{\cdot}0001 = 0^{\cdot}9774$ .

Isto tako,  $\operatorname{ctg} 12^\circ 12' 2'' = \operatorname{tg} (90^\circ - 12^\circ 12' 2'') = \operatorname{tg} 77^\circ 47' 8''$ . Na strani 183. u tablici »Prirodni tangensi« nalazimo, da u retku 77 nema srednjih razlika za minute, jer nisu više dovoljno točne, zato se moramo zadovoljiti manjom točnošću i zaokružiti  $47' 8''$  na  $48'$ , pa nađemo u retku 77 pod  $48'$  broj  $4^{\cdot}6252$ , dakle je  $\operatorname{ctg} 12^\circ 12' 2'' = 4^{\cdot}6252$ .



MANTISE LOGARITAMA

Pr. b	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0000	0043	0086	0128	0170	0212	0253	0294	0334	0374	4	8	12	17	21	25	29	33	37
11	0414	0453	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0755	4	8	11	15	19	23	26	30	34
12	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1004	1038	1072	1106	3	7	10	14	17	21	24	28	31
13	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1430	3	6	10	13	16	19	23	26	29
14	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732	3	6	9	12	15	18	21	24	27
15	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	1959	1987	2014	3	6	8	11	14	17	20	23	25
16	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279	3	5	8	11	13	16	18	21	24
17	2304	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2480	2504	2529	2	5	7	10	12	15	17	20	22
18	2553	2577	2601	2625	2648	2672	2695	2718	2742	2765	2	5	7	9	12	14	16	19	21
19	2788	2810	2833	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989	2	4	7	9	11	13	15	18	20
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201	2	4	6	8	11	13	15	17	19
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404	2	4	6	8	10	12	14	16	18
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598	2	4	6	8	10	12	14	15	17
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784	2	4	6	7	9	11	13	15	17
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962	2	4	5	7	9	11	12	14	16
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133	2	3	5	7	9	10	12	14	15
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298	2	3	5	7	8	10	11	13	15
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456	2	3	5	6	8	9	11	13	14
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609	2	3	5	6	8	9	11	12	14
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757	1	3	4	6	7	9	10	12	13
30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900	1	3	4	6	7	9	10	11	13
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038	1	3	4	6	7	8	10	11	12
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172	1	3	4	5	7	8	9	11	12
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302	1	3	4	5	6	8	9	10	12
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428	1	3	4	5	6	8	9	10	11
35	5441	5453	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551	1	2	4	5	6	7	9	10	11
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670	1	2	4	5	6	7	8	10	11
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786	1	2	3	5	6	7	8	9	10
38	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899	1	2	3	5	6	7	8	9	10
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010	1	2	3	4	5	7	8	9	10
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117	1	2	3	4	5	6	8	9	10
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222	1	2	3	4	5	6	7	8	9
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325	1	2	3	4	5	6	7	8	9
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425	1	2	3	4	5	6	7	8	9
44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522	1	2	3	4	5	6	7	8	9
45	6532	6542	6551	6561	6571	6580	6590	6599	6609	6618	1	2	3	4	5	6	7	8	9
46	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6684	6693	6702	6712	1	2	3	4	5	6	7	7	8
47	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803	1	2	3	4	5	5	6	7	8
48	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893	1	2	3	4	4	5	6	7	8
49	6902	6911	6920	6928	6937	6946	6955	6964	6972	6981	1	2	3	4	4	5	6	7	8
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067	1	2	3	3	4	5	6	7	8
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152	1	2	3	3	4	5	6	7	8
52	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235	1	2	2	3	4	5	6	7	7
53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316	1	2	2	3	4	5	6	6	7
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396	1	2	2	3	4	5	6	6	7
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9

MANTISE LOGARITAMA

Pr. b	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474	1	2	2	3	4	5	5	6	7
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551	1	2	2	3	4	5	5	6	7
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627	1	2	2	3	4	5	5	6	7
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701	1	1	2	3	4	4	5	6	7
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774	1	1	2	3	4	4	5	6	7
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846	1	1	2	3	4	4	5	6	6
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917	1	1	2	3	4	4	5	6	6
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987	1	1	2	3	3	4	5	6	6
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055	1	1	2	3	3	4	5	5	6
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122	1	1	2	3	3	4	5	5	6
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189	1	1	2	3	3	4	5	5	6
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254	1	1	2	3	3	4	5	5	6
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319	1	1	2	3	3	4	5	5	6
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382	1	1	2	3	3	4	4	5	6
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445	1	1	2	2	3	4	4	5	6
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506	1	1	2	2	3	4	4	5	6
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567	1	1	2	2	3	4	4	5	5
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627	1	1	2	2	3	4	4	5	5
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686	1	1	2	2	3	4	4	5	5
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745	1	1	2	2	3	4	4	5	5
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802	1	1	2	2	3	3	4	5	5
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859	1	1	2	2	3	3	4	5	5
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915	1	1	2	2	3	3	4	4	5
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971	1	1	2	2	3	3	4	4	5
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025	1	1	2	2	3	3	4	4	5
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079	1	1	2	2	3	3	4	4	5
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133	1	1	2	2	3	3	4	4	5
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186	1	1	2	2	3	3	4	4	5
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238	1	1	2	2	3	3	4	4	5
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289	1								



ANTILOGARITMI

Log.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
*00	1000	1002	1005	1007	1009	1012	1014	1016	1019	1021	0	0	1	1	1	2	2	2	2
*01	1023	1026	1028	1030	1033	1035	1038	1040	1042	1045	0	0	1	1	1	2	2	2	2
*02	1047	1050	1052	1054	1057	1059	1062	1064	1067	1069	0	0	1	1	1	2	2	2	2
*03	1072	1074	1076	1079	1081	1084	1086	1089	1091	1094	0	0	1	1	1	2	2	2	2
*04	1096	1099	1102	1104	1107	1109	1112	1114	1117	1119	0	1	1	1	1	2	2	2	2
*05	1122	1125	1127	1130	1132	1135	1138	1140	1143	1146	0	1	1	1	1	2	2	2	2
*06	1148	1151	1153	1156	1159	1161	1164	1167	1169	1172	0	1	1	1	1	2	2	2	2
*07	1175	1178	1180	1183	1186	1189	1191	1194	1197	1199	0	1	1	1	1	2	2	2	2
*08	1202	1205	1208	1211	1213	1216	1219	1222	1225	1227	0	1	1	1	1	2	2	2	3
*09	1230	1233	1236	1239	1242	1245	1247	1250	1253	1256	0	1	1	1	1	2	2	2	3
*10	1259	1262	1265	1268	1271	1274	1276	1279	1282	1285	0	1	1	1	1	2	2	2	3
*11	1288	1291	1294	1297	1300	1303	1306	1309	1312	1315	0	1	1	1	2	2	2	2	3
*12	1318	1321	1324	1327	1330	1334	1337	1340	1343	1346	0	1	1	1	2	2	2	2	3
*13	1349	1352	1355	1358	1361	1365	1368	1371	1374	1377	0	1	1	1	2	2	2	2	3
*14	1380	1384	1387	1390	1393	1396	1400	1403	1406	1409	0	1	1	1	2	2	2	2	3
*15	1413	1416	1419	1422	1426	1429	1432	1435	1439	1442	0	1	1	1	2	2	2	2	3
*16	1445	1449	1452	1455	1459	1462	1466	1469	1472	1476	0	1	1	1	2	2	2	2	3
*17	1479	1483	1486	1489	1493	1496	1500	1503	1507	1510	0	1	1	1	2	2	2	2	3
*18	1514	1517	1521	1524	1528	1531	1535	1538	1542	1545	0	1	1	1	2	2	2	2	3
*19	1549	1552	1556	1560	1563	1567	1570	1574	1578	1581	0	1	1	1	2	2	2	2	3
*20	1585	1589	1592	1596	1600	1603	1607	1611	1614	1618	0	1	1	1	2	2	2	2	3
*21	1622	1626	1629	1633	1637	1641	1644	1648	1652	1656	0	1	1	1	2	2	2	2	3
*22	1660	1663	1667	1671	1675	1679	1683	1687	1690	1694	0	1	1	1	2	2	2	2	3
*23	1698	1702	1706	1710	1714	1718	1722	1726	1730	1734	0	1	1	1	2	2	2	2	3
*24	1738	1742	1746	1750	1754	1758	1762	1766	1770	1774	0	1	1	1	2	2	2	2	3
*25	1778	1782	1786	1791	1795	1799	1803	1807	1811	1816	0	1	1	1	2	2	2	2	3
*26	1820	1824	1828	1832	1837	1841	1845	1849	1854	1858	0	1	1	1	2	2	2	2	3
*27	1862	1866	1871	1875	1879	1884	1888	1892	1897	1901	0	1	1	1	2	2	2	2	3
*28	1905	1910	1914	1919	1923	1928	1932	1936	1941	1945	0	1	1	1	2	2	2	2	3
*29	1950	1954	1959	1963	1968	1972	1977	1982	1986	1991	0	1	1	1	2	2	2	2	3
*30	1995	2000	2004	2009	2014	2018	2023	2028	2032	2037	0	1	1	1	2	2	2	2	3
*31	2042	2046	2051	2056	2061	2065	2070	2075	2080	2084	0	1	1	1	2	2	2	2	3
*32	2089	2094	2099	2104	2109	2113	2118	2123	2128	2133	0	1	1	1	2	2	2	2	3
*33	2138	2143	2148	2153	2158	2163	2168	2173	2178	2183	0	1	1	1	2	2	2	2	3
*34	2188	2193	2198	2203	2208	2213	2218	2223	2228	2234	1	1	1	2	2	2	2	2	3
*35	2239	2244	2249	2254	2259	2265	2270	2275	2280	2286	1	1	1	2	2	2	2	2	3
*36	2291	2296	2301	2307	2312	2317	2323	2328	2333	2339	1	1	1	2	2	2	2	2	3
*37	2344	2350	2355	2360	2366	2371	2377	2382	2388	2393	1	1	1	2	2	2	2	2	3
*38	2399	2404	2410	2415	2421	2427	2432	2438	2443	2449	1	1	1	2	2	2	2	2	3
*39	2455	2460	2466	2472	2477	2483	2489	2495	2500	2505	1	1	1	2	2	2	2	2	3
*40	2512	2518	2523	2529	2535	2541	2547	2553	2559	2564	1	1	1	2	2	2	2	2	3
*41	2570	2576	2582	2588	2594	2600	2606	2612	2618	2624	1	1	1	2	2	2	2	2	3
*42	2630	2636	2642	2649	2655	2661	2667	2673	2679	2685	1	1	1	2	2	2	2	2	3
*43	2692	2698	2704	2710	2716	2723	2729	2735	2742	2748	1	1	1	2	2	2	2	2	3
*44	2754	2761	2767	2773	2780	2786	2793	2799	2805	2812	1	1	1	2	2	2	2	2	3
*45	2818	2825	2831	2838	2844	2851	2858	2864	2871	2877	1	1	1	2	2	2	2	2	3
*46	2884	2891	2897	2904	2911	2917	2924	2931	2938	2944	1	1	1	2	2	2	2	2	3
*47	2951	2958	2965	2972	2979	2985	2992	2999	3006	3013	1	1	1	2	2	2	2	2	3
*48	3020	3027	3034	3041	3048	3055	3062	3069	3076	3083	1	1	1	2	2	2	2	2	3
*49	3090	3097	3105	3112	3119	3126	3133	3141	3148	3155	1	1	1	2	2	2	2	2	3
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9

ANTILOGARITMI

Log.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
*50	3162	3170	3177	3184	3192	3199	3206	3214	3221	3228	1	1	2	3	4	4	5	6	7
*51	3236	3243	3251	3258	3266	3273	3281	3289	3296	3304	1	2	2	3	4	5	5	6	7
*52	3311	3319	3327	3334	3342	3350	3357	3365	3373	3381	1	2	2	3	4	5	5	6	7
*53	3388	3396	3404	3412	3420	3428	3436	3443	3451	3459	1	2	2	3	4	5	5	6	7
*54	3467	3475	3483	3491	3499	3508	3516	3524	3532	3540	1	2	2	3	4	5	5	6	7
*55	3548	3556	3565	3573	3581	3589	3597	3606	3614	3622	1	2	2	3	4	5	5	6	7
*56	3631	3639	3648	3656	3664	3673	3681	3690	3698	3707	1	2	2	3	4	5	5	6	7
*57	3715	3724	3733	3741	3750	3758	3767	3776	3784	3793	1	2	2	3	4	5	5	6	7
*58	3802	3811	3819	3828	3837	3846	3855	3864	3873	3882	1	2	2	3	4	5	5	6	7
*59	3890	3899	3908	3917	3926	3936	3945	3954	3963	3972	1	2	2	3	4	5	5	6	7
*60	3981	3990	3999	4009	4018	4027	4036	4046	4055	4064	1	2	2	3	4	5	5	6	7
*61	4074	4083	4093	4102	4111	4121	4130	4140	4150	4159	1	2	2	3	4	5	5	6	7
*62	4169	4178	4188	4198	4207	4217	4227	4236	4246	4256	1	2	2	3	4	5	5	6	7
*63	4266	4276	4285	4295	4305	4315	4325	4335	4345	4355	1	2	2	3	4	5	5	6	7
*64	4365	4375	4385	4395	4406	4416	4426	4436	4446	4457	1	2	2	3	4	5	5	6	7
*65	4467	4477	4487	4498	4508	4519	4529	4539	4550	4560	1	2	2	3	4	5	5	6	7
*66	4571	4581	4592	4603	4613	4624	4634	4645	4656	4667	1	2	2	3	4	5	5	6	7
*67	4677	4688	4699	4710	4721	4732	4742	4753	4764	4775	1	2	2	3	4	5	5	6	7
*68	4786	4797	4808	4819	4831	4842	4853	4864	4875	4887	1	2	2	3	4	5	5	6	7
*69	4898	4909	4920	4932	4943	4955	4966	4977	4989	5000	1	2	2	3	4	5	5	6	7
*70	5012	5023	5035	5047	5058	5070	5082	5093	5105	5117	1	2	2	3	4	5	5	6	7
*71	5129	5140	5152	5164	5176	5188	5200	5212	5224	5236	1	2	2	3	4	5	5	6	7
*72	5248	5260	5272	5284	5297	5309	5321	5333	5346	5358	1	2	2	3	4	5	5	6	7
*73	5370	5383	5395	5408	5420	5433	5445	5458	5470	5483	1	2	2	3	4	5	5	6	7
*74	5495	5508	5521	5534	5546	5559	5572	5585	5598	5610	1	2	2	3	4	5	5	6	7
*75	5623	5636	5649	5662	5675	5689	5702												



ANTILOGARITMI

Log.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.00	1000	1002	1005	1007	1009	1012	1014	1016	1019	1021	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.01	1023	1026	1028	1030	1033	1035	1038	1040	1042	1045	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.02	1047	1050	1052	1054	1057	1059	1062	1064	1067	1069	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.03	1072	1074	1076	1079	1081	1084	1086	1089	1091	1094	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.04	1096	1099	1102	1104	1107	1109	1112	1114	1117	1119	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.05	1122	1125	1127	1130	1132	1135	1138	1140	1143	1146	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.06	1148	1151	1153	1156	1159	1161	1164	1167	1169	1172	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.07	1175	1178	1180	1183	1186	1189	1191	1194	1197	1199	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.08	1202	1205	1208	1211	1213	1216	1219	1222	1225	1227	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.09	1230	1233	1236	1239	1242	1245	1247	1250	1253	1256	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.10	1259	1262	1265	1268	1271	1274	1276	1279	1282	1285	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.11	1288	1291	1294	1297	1300	1303	1306	1309	1312	1315	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.12	1318	1321	1324	1327	1330	1334	1337	1340	1343	1346	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.13	1349	1352	1355	1358	1361	1365	1368	1371	1374	1377	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.14	1380	1384	1387	1390	1393	1396	1400	1403	1406	1409	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.15	1413	1416	1419	1422	1426	1429	1432	1435	1439	1442	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.16	1445	1449	1452	1455	1459	1462	1466	1469	1472	1476	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.17	1479	1483	1486	1489	1493	1496	1500	1503	1507	1510	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.18	1514	1517	1521	1524	1528	1531	1535	1538	1542	1545	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.19	1549	1552	1556	1560	1563	1567	1570	1574	1578	1581	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.20	1585	1589	1592	1596	1600	1603	1607	1611	1614	1618	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.21	1622	1626	1629	1633	1637	1641	1644	1648	1652	1656	0	1	1	2	2	2	3	3	3
.22	1660	1663	1667	1671	1675	1679	1683	1687	1690	1694	0	1	1	2	2	2	3	3	3
.23	1698	1702	1706	1710	1714	1718	1722	1726	1730	1734	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.24	1738	1742	1746	1750	1754	1758	1762	1766	1770	1774	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.25	1778	1782	1786	1791	1795	1799	1803	1807	1811	1816	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.26	1820	1824	1828	1832	1837	1841	1845	1849	1854	1858	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.27	1862	1866	1871	1875	1879	1884	1888	1892	1897	1901	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.28	1905	1910	1914	1919	1923	1928	1932	1936	1941	1945	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.29	1950	1954	1959	1963	1968	1972	1977	1982	1986	1991	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.30	1995	2000	2004	2009	2014	2018	2023	2028	2032	2037	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.31	2042	2046	2051	2056	2061	2065	2070	2075	2080	2084	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.32	2089	2094	2099	2104	2109	2113	2118	2123	2128	2133	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.33	2138	2143	2148	2153	2158	2163	2168	2173	2178	2183	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.34	2188	2193	2198	2203	2208	2213	2218	2223	2228	2234	1	1	2	2	2	3	3	4	5
.35	2239	2244	2249	2254	2259	2265	2270	2275	2280	2286	1	1	2	2	2	3	3	4	5
.36	2291	2296	2301	2307	2312	2317	2323	2328	2333	2339	1	1	2	2	2	3	3	4	5
.37	2344	2350	2355	2360	2366	2371	2377	2382	2388	2393	1	1	2	2	2	3	3	4	5
.38	2399	2404	2410	2415	2421	2427	2432	2438	2443	2449	1	1	2	2	2	3	3	4	5
.39	2455	2460	2466	2472	2477	2483	2489	2495	2500	2506	1	1	2	2	2	3	3	4	5
.40	2512	2518	2523	2529	2535	2541	2547	2553	2559	2564	1	1	2	2	2	3	3	4	5
.41	2570	2576	2582	2588	2594	2600	2606	2612	2618	2624	1	1	2	2	2	3	3	4	5
.42	2630	2636	2642	2649	2655	2661	2667	2673	2679	2685	1	1	2	2	2	3	3	4	5
.43	2692	2698	2704	2710	2716	2723	2729	2735	2742	2748	1	1	2	2	2	3	3	4	5
.44	2754	2761	2767	2773	2780	2786	2793	2799	2805	2812	1	1	2	2	2	3	3	4	5
.45	2818	2825	2831	2838	2844	2851	2858	2864	2871	2877	1	1	2	2	2	3	3	4	5
.46	2884	2891	2897	2904	2911	2917	2924	2931	2938	2944	1	1	2	2	2	3	3	4	5
.47	2951	2958	2965	2972	2979	2985	2992	2999	3006	3013	1	1	2	2	2	3	3	4	5
.48	3020	3027	3034	3041	3048	3055	3062	3069	3076	3083	1	1	2	2	2	3	3	4	5
.49	3090	3097	3105	3112	3119	3126	3133	3141	3148	3155	1	1	2	2	2	3	3	4	5
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9

ANTILOGARITMI

Log.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.50	3162	3170	3177	3184	3192	3199	3206	3214	3221	3228	1	1	2	3	4	4	5	6	7
.51	3236	3243	3251	3258	3266	3273	3281	3289	3296	3304	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.52	3311	3319	3327	3334	3342	3350	3357	3365	3373	3381	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.53	3388	3396	3404	3412	3420	3428	3436	3444	3451	3459	1	2	2	3	4	5	6	6	7
.54	3467	3475	3483	3491	3499	3508	3516	3524	3532	3540	1	2	2	3	4	5	6	6	7
.55	3548	3556	3565	3573	3581	3589	3597	3606	3614	3622	1	2	2	3	4	5	6	7	7
.56	3631	3639	3648	3656	3664	3673	3681	3690	3698	3707	1	2	3	3	4	5	6	7	8
.57	3715	3724	3733	3741	3750	3758	3767	3776	3784	3793	1	2	3	3	4	5	6	7	8
.58	3802	3811	3819	3828	3837	3846	3855	3864	3873	3882	1	2	3	4	4	5	6	7	8
.59	3890	3899	3908	3917	3926	3936	3945	3954	3963	3972	1	2	3	4	5	5	6	7	8
.60	3981	3990	3999	4009	4018	4027	4036	4046	4055	4064	1	2	3	4	5	6	6	7	8
.61	4074	4083	4093	4102	4111	4121	4130	4140	4150	4159	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.62	4169	4178	4188	4198	4207	4217	4227	4236	4246	4256	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.63	4266	4276	4285	4295	4305	4315	4325	4335	4345	4355	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.64	4365	4375	4385	4395	4406	4416	4426	4436	4446	4457	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.65	4467	4477	4487	4498	4508	4519	4529	4539	4550	4560	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.66	4571	4581	4592	4603	4613	4624	4634	4645	4656	4667	1	2	3	4	5	6	7	9	10
.67	4677	4688	4699	4710	4721	4732	4742	4753	4764	4775	1	2	3	4	5	7	8	9	10
.68	4786	4797	4808	4819	4831	4842	4853	4864	4875	4887	1	2	3	4	6	7	8	9	10
.69	4898	4909	4920	4932	4943	4955	4966	4977	4989	5000	1	2	3	5	6	7	8	9	10
.70	5012	5023	5035	5047	5058	5070	5082	5093	5105	5117	1	2	4	5	6	7	8	9	11
.71	5129	5140	5152	5164	5176	5188	5200	5212	5224	5236	1	2	4	5	6	7	8	10	11
.72	5248	5260	5272	5284	5297	5309	5321	5333	5346	5358	1	2	4	5	6	7	9	10	11
.73	5370	5383	5395	5408	5420	5433	5445	5458	5470	5483	1	3	4	5	6	8	9	10	11
.74	5495	5508	5521	5534	5546	5559	5572	5585	5598	5610	1	3	4	5	6	8	9	10	12
.75	5623	5636	5649	5662	5675	5													

PRIRODNI SINUSI

	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	Srednje razlike				
											1'	2'	3'	4'	5'
0 <sup>0</sup>	.0000	0017	0035	0052	0070	0087	0105	0122	0140	0157	3	6	9	12	15
1	.0175	0192	0209	0227	0244	0262	0279	0297	0314	0332	3	6	9	12	15
2	.0349	0366	0384	0401	0419	0436	0454	0471	0488	0506	3	6	9	12	15
3	.0523	0541	0558	0576	0593	0610	0628	0645	0663	0680	3	6	9	12	15
4	.0698	0715	0732	0750	0767	0785	0802	0819	0837	0854	3	6	9	12	14
5	.0872	0889	0906	0924	0941	0958	0976	0993	1011	1028	3	6	9	12	14
6	.1045	1063	1080	1097	1115	1132	1149	1166	1184	1201	3	6	9	12	14
7	.1219	1236	1253	1271	1288	1305	1323	1340	1357	1374	3	6	9	12	14
8	.1392	1409	1426	1444	1461	1478	1495	1513	1530	1547	3	6	9	12	14
9	.1564	1582	1599	1616	1633	1650	1668	1685	1702	1719	3	6	9	12	14
10	.1736	1754	1771	1788	1805	1822	1840	1857	1874	1891	3	6	9	11	14
11	.1908	1925	1942	1959	1977	1994	2011	2028	2045	2062	3	6	9	11	14
12	.2079	2096	2113	2130	2147	2164	2181	2198	2215	2232	3	6	9	11	14
13	.2250	2267	2284	2300	2317	2334	2351	2368	2385	2402	3	5	8	11	14
14	.2429	2446	2463	2479	2496	2513	2530	2547	2564	2581	3	6	8	11	14
15	.2588	2605	2622	2639	2656	2672	2689	2706	2723	2740	3	6	8	11	14
16	.2756	2773	2790	2807	2823	2840	2857	2874	2890	2907	3	6	8	11	14
17	.2924	2940	2957	2974	2990	3007	3024	3040	3057	3074	3	6	8	11	14
18	.3090	3107	3123	3140	3156	3173	3190	3206	3223	3239	3	6	8	11	14
19	.3256	3272	3289	3305	3322	3338	3355	3371	3387	3404	3	5	8	11	14
20	.3420	3437	3453	3469	3486	3502	3518	3535	3551	3567	3	5	8	11	14
21	.3584	3600	3616	3633	3649	3665	3681	3697	3714	3730	3	5	8	11	14
22	.3746	3762	3778	3795	3811	3827	3843	3859	3875	3891	3	5	8	11	14
23	.3907	3923	3939	3955	3971	3987	4003	4019	4035	4051	3	5	8	11	14
24	.4067	4083	4099	4115	4131	4147	4163	4179	4195	4210	3	5	8	11	13
25	.4226	4242	4258	4274	4289	4305	4321	4337	4352	4368	3	5	8	11	13
26	.4384	4399	4415	4431	4446	4462	4478	4493	4509	4524	3	5	8	10	13
27	.4540	4555	4571	4586	4602	4617	4633	4648	4664	4679	3	5	8	10	13
28	.4695	4710	4726	4741	4756	4772	4787	4802	4818	4833	3	5	8	10	13
29	.4848	4863	4879	4894	4909	4924	4939	4955	4970	4985	3	5	8	10	13
30	.5000	5015	5030	5045	5060	5075	5090	5105	5120	5135	3	5	8	10	13
31	.5150	5165	5180	5195	5210	5225	5240	5255	5270	5284	2	5	7	10	12
32	.5299	5314	5329	5344	5358	5373	5388	5402	5417	5432	2	5	7	10	12
33	.5446	5461	5476	5490	5505	5519	5534	5548	5563	5577	2	5	7	10	12
34	.5592	5606	5621	5635	5650	5664	5678	5693	5707	5721	2	5	7	10	12
35	.5736	5750	5764	5779	5793	5807	5821	5835	5850	5864	2	5	7	9	12
36	.5878	5892	5906	5920	5934	5948	5962	5976	5990	6004	2	5	7	9	12
37	.6018	6032	6046	6060	6074	6088	6101	6115	6129	6143	2	5	7	9	12
38	.6157	6170	6184	6198	6211	6225	6239	6252	6266	6280	2	5	7	9	11
39	.6293	6307	6320	6334	6347	6361	6374	6388	6401	6414	2	4	7	9	11
40	.6428	6441	6455	6468	6481	6494	6508	6521	6534	6547	2	4	7	9	11
41	.6561	6574	6587	6600	6613	6626	6639	6652	6665	6678	2	4	7	9	11
42	.6691	6704	6717	6730	6743	6756	6769	6782	6794	6807	2	4	6	9	11
43	.6820	6833	6845	6858	6871	6884	6896	6909	6921	6934	2	4	6	8	11
44	.6947	6959	6972	6984	6997	7009	7022	7034	7046	7059	2	4	6	8	10

PRIRODNI SINUSI

	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	Srednje razlike				
											1'	2'	3'	4'	5'
45 <sup>0</sup>	.7071	7083	7096	7108	7120	7133	7145	7157	7169	7181	2	4	6	8	10
46	.7193	7206	7218	7230	7242	7254	7266	7278	7290	7302	2	4	6	8	10
47	.7314	7325	7337	7349	7361	7373	7385	7396	7408	7420	2	4	6	8	10
48	.7431	7443	7455	7466	7478	7490	7501	7513	7524	7536	2	4	6	8	10
49	.7547	7559	7570	7581	7593	7604	7615	7626	7638	7649	2	4	6	8	9
50	.7660	7672	7683	7694	7705	7716	7727	7738	7749	7760	2	4	6	7	9
51	.7771	7782	7793	7804	7815	7826	7837	7848	7859	7869	2	4	5	7	9
52	.7880	7891	7902	7912	7923	7934	7944	7955	7965	7976	2	4	5	7	9
53	.7986	7997	8007	8018	8028	8039	8049	8059	8070	8080	2	3	5	7	9
54	.8090	8100	8111	8121	8131	8141	8151	8161	8171	8181	2	3	5	7	8
55	.8192	8202	8211	8221	8231	8241	8251	8261	8271	8281	2	3	5	7	8
56	.8290	8300	8310	8320	8329	8339	8348	8358	8368	8377	2	3	5	6	8
57	.8387	8396	8406	8415	8425	8434	8443	8453	8462	8471	2	3	5	6	8
58	.8480	8490	8499	8508	8517	8526	8535	8545	8554	8563	2	3	5	6	8
59	.8572	8581	8590	8599	8607	8616	8625	8634	8643	8652	1	3	4	6	7
60	.8660	8669	8678	8686	8695	8704	8712	8721	8729	8738	1	3	4	6	7
61	.8746	8755	8763	8771	8780	8788	8796	8805	8813	8821	1	3	4	6	7
62	.8829	8838	8846	8854	8862	8870	8878	8886	8894	8902	1	3	4	5	7
63	.8910	8918	8926	8934	8942	8949	8957	8965	8973	8980	1	3	4	5	6
64	.8988	8996	9003	9011	9018	9026	9033	9041	9048	9056	1	3	4	5	6
65	.9063	9070	9078	9085	9092	9100	9107	9114	9121	9128	1	2	4	5	6
66	.9135	9143	9150	9157	9164	9171	9178	9184	9191	9198	1	2	3	5	6
67	.9205	9212	9219	9225	9232	9239	9245	9252	9259	9265	1	2	3	4	6
68	.9272	9278	9285	9291	9298	9304	9311	9317	9323	9330	1	2	3	4	5
69	.9336	9342	9348	9354	9361	9367	9373	9379	9385	9391	1	2	3	4	5
70	.9397	9403	9409	9415	9421	9426	9432	9438	9444	9449	1	2	3	4	5
71	.9455	9461	9466	9472	9478	9483	9489	9494	9500	9505	1	2	3	4	5
72	.9511	9516	9521	9527	9532	9537	9542	9548	9553	9558	1	2	3	3	4
73	.9563	9568	9573	9578	9583	9588	9593	9598	9603	9608	1	2	2	3	4
74	.9613	9617	9622	9627	9632	9636	9641	9646	9650	9655	1	2	2	3	4
75	.9659	9664	9668	9673	9677	9681	9686	9690	9694	9699	1	1	2	3	4
76	.9703	9707	9711	9715	9720	9724	9728	9732	9736	9740	1	1	2	3	3
77	.9744	9748	9751	9755	9759	9763	9767	9770	9774	9778	1	1	2	3	3
78	.9781	9785	9789	9792	9796	9799	9803	9806	9810	9813	1	1	2	2	3
79	.9816	9820	9823	9826	9829	9833	9836	9839	9842	9845	1	1	2	2	3
80	.9848	9851	9854	9857	9860	9863	9866	9869	9871	9874	0	1	1	2	2
81	.9877	9880	9882	9885	9888	9890	9893	9895	9898	9900	0	1	1	2	2
82	.9903	9905	9907	9910	9912	9914	9917	9919	9921	9923	0	1	1	2	2
83	.9925	9928	9930	9932	9934	9936	9938	9940	9942	9943	0	1	1	1	2
84	.9945	9947	9949	9951	9952	9954	9956	9957	9959	9960	0	1	1	1	2
85	.9962	9963	9965	9966	9968	9969	9971	9972	9973	9974	0	0	1	1	1
86	.9976	9977	9978	9979	9980	9981	9982	9983	9984	9985	0	0	1	1	1
87	.9986	9987	9988	9989	9990	9991	9992	9993	9994	9995	0	0	0	1	1
88	.9994	9995	9995	9996	9996	9997	9997	9997	9998						



PRIRODNI TANGENSI

	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	Srednje razlike				
											1'	2'	3'	4'	5'
0 <sup>0</sup>	0.0000	0017	0035	0052	0070	0087	0105	0122	0140	0157	3	6	9	12	15
1	0.0175	0192	0209	0227	0244	0262	0279	0297	0314	0332	3	6	9	12	15
2	0.0349	0367	0384	0402	0419	0437	0454	0472	0489	0507	3	6	9	12	15
3	0.0524	0542	0559	0577	0594	0612	0629	0647	0664	0682	3	6	9	12	15
4	0.0699	0717	0734	0752	0769	0787	0805	0822	0840	0857	3	6	9	12	15
5	0.0875	0892	0910	0928	0945	0963	0981	0998	1016	1033	3	6	9	12	15
6	0.1051	1069	1086	1104	1122	1139	1157	1175	1192	1210	3	6	9	12	15
7	0.1228	1246	1263	1281	1299	1317	1334	1352	1370	1388	3	6	9	12	15
8	0.1405	1423	1441	1459	1477	1495	1512	1530	1548	1566	3	6	9	12	15
9	0.1584	1602	1620	1638	1655	1673	1691	1709	1727	1745	3	6	9	12	15
10	0.1763	1781	1799	1817	1835	1853	1871	1890	1908	1926	3	6	9	12	15
11	0.1944	1962	1980	1998	2016	2035	2053	2071	2089	2107	3	6	9	12	15
12	0.2126	2144	2162	2180	2199	2217	2235	2254	2272	2290	3	6	9	12	15
13	0.2309	2327	2345	2364	2382	2401	2419	2438	2456	2475	3	6	9	12	15
14	0.2493	2512	2530	2549	2568	2586	2605	2623	2642	2661	3	6	9	12	16
15	0.2679	2698	2717	2736	2754	2773	2792	2811	2830	2849	3	6	9	13	16
16	0.2867	2886	2905	2924	2943	2962	2981	3000	3019	3038	3	6	9	13	16
17	0.3057	3076	3096	3115	3134	3153	3172	3191	3211	3230	3	6	10	13	16
18	0.3249	3269	3288	3307	3327	3346	3365	3385	3404	3424	3	6	10	13	16
19	0.3443	3463	3482	3502	3522	3541	3561	3581	3600	3620	3	7	10	13	16
20	0.3640	3659	3699	3679	3719	3739	3759	3779	3799	3819	3	7	10	13	17
21	0.3839	3859	3879	3899	3919	3939	3959	3979	4000	4020	3	7	10	13	17
22	0.4040	4061	4081	4101	4122	4142	4163	4183	4204	4224	3	7	10	14	17
23	0.4245	4265	4286	4307	4327	4348	4369	4390	4411	4431	3	7	10	14	17
24	0.4452	4473	4494	4515	4536	4557	4578	4599	4621	4642	4	7	11	14	18
25	0.4663	4684	4706	4727	4748	4770	4791	4813	4834	4856	4	7	11	14	18
26	0.4877	4899	4921	4942	4964	4986	5008	5029	5051	5073	4	7	11	15	18
27	0.5095	5117	5139	5161	5184	5206	5228	5250	5272	5295	4	7	11	15	18
28	0.5317	5340	5362	5384	5407	5430	5452	5475	5498	5520	4	8	11	15	19
29	0.5543	5566	5589	5612	5635	5658	5681	5704	5727	5750	4	8	12	15	19
30	0.5774	5797	5820	5844	5867	5890	5914	5938	5961	5985	4	8	12	16	20
31	0.6009	6032	6056	6080	6104	6128	6152	6176	6200	6224	4	8	12	16	20
32	0.6249	6273	6297	6322	6346	6371	6395	6420	6445	6469	4	8	13	17	21
33	0.6494	6519	6544	6569	6594	6619	6644	6669	6694	6720	4	9	13	17	21
34	0.6745	6771	6796	6822	6847	6873	6899	6924	6950	6976	4	9	13	18	22
35	0.7002	7028	7054	7080	7107	7133	7159	7186	7212	7239	4	9	13	18	22
36	0.7265	7292	7319	7346	7373	7400	7427	7454	7481	7508	5	9	14	18	23
37	0.7536	7563	7590	7618	7646	7673	7701	7729	7757	7785	5	9	14	18	23
38	0.7813	7841	7869	7898	7926	7954	7983	8012	8040	8069	5	9	14	19	24
39	0.8098	8127	8156	8185	8214	8243	8273	8302	8332	8361	5	10	15	20	24
40	0.8391	8421	8451	8481	8511	8541	8571	8601	8632	8662	5	10	15	20	25
41	0.8693	8724	8754	8785	8816	8847	8878	8910	8941	8972	5	10	16	21	26
42	0.9004	9036	9067	9099	9131	9163	9195	9228	9260	9293	5	11	16	21	27
43	0.9325	9358	9391	9424	9457	9490	9523	9556	9590	9623	6	11	17	22	28
44	0.9657	9691	9725	9759	9793	9827	9861	9896	9930	9965	6	11	17	23	29

PRIRODNI TANGENSI

	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	Srednje razlike				
											1'	2'	3'	4'	5'
45 <sup>0</sup>	1.0100	0035	0070	0105	0141	0176	0212	0247	0283	0319	6	12	18	24	30
46	1.0355	0392	0428	0464	0501	0538	0575	0612	0649	0686	6	12	18	25	31
47	1.0724	0761	0799	0837	0875	0913	0951	0990	1028	1067	6	13	19	25	32
48	1.1106	1145	1184	1224	1263	1303	1343	1383	1423	1463	7	13	20	27	33
49	1.1504	1544	1585	1626	1667	1708	1750	1792	1833	1875	7	14	21	28	34
50	1.1918	1960	2002	2045	2088	2131	2174	2218	2261	2305	7	14	22	29	36
51	1.2449	2393	2437	2482	2527	2572	2617	2662	2708	2753	8	15	23	30	38
52	1.2799	2846	2892	2938	2985	3032	3079	3127	3175	3222	8	16	24	31	39
53	1.3270	3319	3367	3416	3465	3514	3564	3613	3663	3713	8	16	25	33	41
54	1.3764	3814	3865	3916	3968	4019	4071	4124	4176	4229	9	17	26	34	43
55	1.4281	4335	4388	4442	4496	4550	4605	4659	4715	4770	9	18	27	36	45
56	1.4826	4882	4938	4994	5051	5108	5166	5224	5282	5340	10	19	29	38	48
57	1.5399	5458	5517	5577	5637	5697	5757	5818	5880	5941	10	20	30	40	50
58	1.6003	6066	6128	6191	6255	6319	6383	6447	6512	6577	11	21	32	43	53
59	1.6643	6709	6775	6842	6909	6977	7045	7113	7182	7251	11	23	34	45	56
60	1.7321	7391	7461	7532	7603	7675	7747	7820	7893	7966	12	24	36	48	60
61	1.8010	8115	8190	8265	8341	8418	8495	8572	8650	8728	13	26	38	51	64
62	1.8807	8887	8967	9047	9128	9210	9292	9375	9458	9542	14	27	41	55	68
63	1.9626	9711	9797	9883	9970	10057	10145	10233	10321	10410	15	29	44	58	73
64	2.0503	0594	0686	0778	0872	0965	1060	1155	1251	1348	16	31	47	63	78
65	2.1445	1543	1642	1742	1842	1943	2045	2148	2251	2355	17	34	51	68	85
66	2.2460	2566	2673	2781	2889	2998	3109	3220	3332	3445	18	37	55	73	92
67	2.3559	3673	3789	3906	4023	4142	4262	4383	4504	4627	20	40	60	79	99
68	2.4751	4876	5002	5129	5257	5386	5517	5649	5782	5916	22	43	65	87	108
69	2.6051	6187	6323	6464	6605	6746	6889	7034	7179	7326	24	47	71	95	119
70	2.7475	7625	7776	7929	8083	8239	8397	8556	8716	8878	26	52	78	104	131
71	2.9042	9208	9375	9544	9714	9887	10061	10237	10415	10595	29	58	87	116	145
72	3.0777	0961	1146	1334	1524	1716	1910	2106	2305	2505	32	64	96	129	161
73	3.2709	2911	3122	3332	3544	3759	3977	4197	4420	4646	36	72	108	144	180
74	3.4844	5105	5339	5576	5816	6059	6305	6554	6806	7062	41	81	122	163	204
75	3.7321	7583	7848	8118	8391	8667	8947	9232	9520	9812	46	93	139	186	232
76	4.0108	0408	0713	1022	1335	1653	1976	2303	2635	2972					
77	4.3315	3662	4015	4374	4737	5117	5481	5864	6252	6646					
78	4.7046	7453	7867	8288	8716	9152	9594	10045	10504	10970					
79	5.1446	1929	2422	2924	3435	3955	4486	5026	5578	6140					
80	5.671	5.730	5.789	5.850	5.912	5.976	6.041	6.107	6.174	6.243					
81	6.314	6.386	6.460	6.535	6.612	6.691	6.772	6.855	6.940	7.026					
82	7.115	7.207	7.300	7.396	7.495	7.596	7.700	7.806	7.916	8.028					
83	8.144	8.264	8.386	8.513	8.643	8.777	8.915	9.058	9.205	9.357					
84	9.51	9.68	9.84	10.02	10.20	10.39	10.58	10.78	10.99	11.20					
85	11.43	11.66	11.91	12.16	12.43	12.71	13.00	13.30	13.62	13.95					
86	14.30	14.67	15.06	15.46	15.89	16.3									

VI. ČLANCI



Dr. Stanko Hondl:

## BOŠKOVIĆEV DALEKOZOR S VODOM

U životnom djelu R. J. Boškovića znamenito mjesto zauzimaju njegovi predlozi, kako da se riješe osnovna pitanja optike dalekozorom, koji između objektiva i žarišne ravnine objektiva sadržaje umjesto zraka vodu. U bitnom jesu to dva predloga: jedan, gdje bismo novim dalekozorom — zovimo ga Boškovićevim — motrili zvijezdu, drugi, gdje bi se dalekozor upravio na zemaljski izvor svjetlosti. Prvi je predlog stariji i potječe iz g. 1766., kada ga je B. u pismima saopćio znancima. Drugom se predlogu B. dosjetio, kada je priređivao za štampu svoja »Djela, koja se tiču optike i astronomije.«<sup>1</sup> U 2. tomu tih *Opera* nalazi se rasprava o novom dalekozoru, jedina, koju je B. o tom predmetu objavio. Pokusi sa B-ovim dalekozorom jesu — bar kao predlog — najstariji u nizu pokusa, koji se završio Michelsonovim i koji je doveo do novovjekih relativističkih nazora. Nijedan prikaz povijesnog razvoja novih ideja o prostoru i vremenu i njihova empiričkog osnova ne će moći prešutjeti ime B-ovo. Ono stoji vremenski na prvom mjestu.

Premda je B. tu svoju zamisao potanko razradio, ipak o tom vrlo malo čitamo u prikazima njegova rada. A i ono, što tu nalazimo, obično je jednostrano, jer ne spominje B-ov drugi predlog. Ovoj je radnji svrha, da ispuni tu prazninu. Njezini su dijelovi:

- I. Sadržaj Boškovićeve rasprave o dalekozoru s vodom;
- II. Bilješke na tu raspravu;
- III. Druge Boškovićeve izjave;
- IV. Boškovićev dalekozor i optičke teorije;
- V. Ostvarenja Boškovićevih predloga.

<sup>1</sup> *Opera pertinentia ad opticam, et astronomiam*, 5 velikih tomova, Bassano 1785.

## SADRŽAJ BOŠKOVIĆEVE RASPRAVE O DALEKOZORU S VODOM

Boškovićev predlog opsežno je razrađen u raspravi »Određivanje razlike brzina svjetlosti u raznim sredstvima, s pomoću dvaju dioptričkih dalekozora, jednog običnog i drugog neke nove vrsti«.² Taj je rad sadržan u spomenutima već *Opera*, tom II., str. 248.—314., kao *Opusculum* III. tog toma. Rasprava obuhvata 105 numeriranih alineja, podijeljenih na uvod i 4 §§; k tomu ide 9 crteža, t. j. cijela VII. tablica na kraju knjige. Francuski *Extrait*, također na kraju, dug je 11 strana. Donosimo evo skraćeno sadržaj rasprave, nastojeći, da ne izostavimo ništa bitno.

1. Mišljenje, da se svjetlost širi momentano, oboreno je opažanjem pomrčina Jupiterovih mjeseca i Bradleyevom aberacijom.

2. Protiv Newtonove teorije svjetlosti ne može se kao razlog iznositi, da je tobože nevjerojatno, da bi čestice mogle imati brzinu, koliku ima svjetlost.

3. Ima doduše autora prvog reda, koji pristaju uz teoriju valova, ali B. otklanja tu nauku i pozivlje se na svoja djela *De lumine* i *Theoria*, pa i na »Raspravu o rjetkoći sunčane svjetlosti«.

4. Prema Newtonu brzina je svjetlosti u gušćem sredstvu veća, prema valnoj nauci ona je u takvom sredstvu manja.

5. Metodi, kojom bi se odlučilo to pitanje, B. se dosjetio nekoliko godina (*pluribus annis*) prije, nego što se preselio iz Italije u Francusku, i saopćio ju pismima mnogima prijateljima, pa i glasovitom turinskom profesoru Beccaria. Prije no što je potonjemu pisao, B. je upozoren na dvije teškoće: jedna se tiče smjera, kojim zraka zgađa oko, druga je u kratkoći vremena, u kojemu svjetlost prođe kroz dalekozor. B. je odmah lako te prigovore riješio, ali ništa nije o tom publicirao, i — koliko zna — nisu to ni drugi učinili. Stvar je važna. Čini se naime, da se tu radi čak o pitanju, koja je teorija svjetlosti ispravna. A vodit će predložena metoda i do bližeg upoznavanja aberacije, budući da

² *De modo determinandi discrimen velocitatis, quam habet lumen, dum percurrit diversa media, per duo telescopia dioptrica, alterum commune, alterum novi cujusdam generis.*

se u toj metodi baš i radi o aberaciji. I da se vidi sveukupni učinak aberacije po toj metodi, ne će trebati razdoblje od nekoliko mjeseci, već samo vrlo malo dana, možda tek jedna noć.

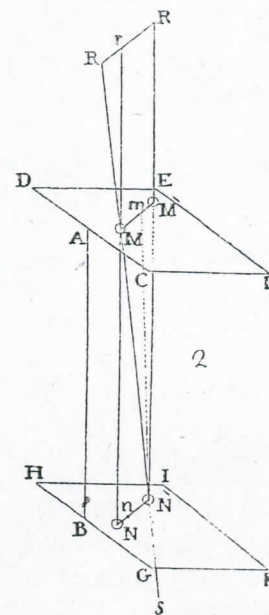
6. Metoda iziskuje dalekozor nove vrsti, združen s običnim na istom instrumentu, koji se može okrenuti oko vertikalne osi, pa se u jednom i drugom namještaju u razmaku od nekoliko sekunda sa svakim dalekozorom odredi prividna zenitna daljina jedne zvijezde stajačice. To će lako ići sa sektorom od nekoliko stopa ili također sa zgodnim kvadrantom. B. se nada, da će se netko dati na taj posao.

### § I. Metoda za rješenje postavljenog problema

7. Aberacija, slavno otkriće Bradleyevo, vrlo se lako tumači, kako je sam Bradley učinio, i tu podnipošto nema teškoća, kojima su stvar htjeli obaviti, na pr, oni, koji mišljahu, da tu treba primijeniti teoriju nekog kosog utiska svjetlosti na oko.

8.—10. U starim spravama ravnalo *AB* (sl. 1., B-eva fig. 2.) nosi dvije dioptre i služi kao alhidada za određivanje smjera nekog predmeta. Kako se Zemlja giblje, dok zraka prođe kroz spravu, rupice prevale putove *MM'*, *NN'*, i hoćemo li da zraka prođe kroz obje dioptre, treba spravu prikloniti prema zraci *MN'* i to tako, da se *MN'* odnosi prema *NN'* kao brzina svjetlosti prema brzini Zemlje. Odatle slijedi i omjer  $\sin N'MN : \sin N'NM$ , gdje je *N'MN* priklon prividnog smjera zrake spram pravog smjera.

11. To je osnov svemu tumačenju i ne valja tražiti neki mehanički ni animastički<sup>a)</sup> učinak kosog djelovanja, koje se sastavlja od smjera, kojim će svjetlost udariti na očne žilice, i od smjera gibanja samih tih žilica. Prividno mjesto, što ga pokazuje alhidada, jest upravo ono, koje vidimo kroz središta dioptrara. A što vrijedi o tim starim spravama, vrijedi i za teleskop-



Sl. 1. — Aberacija u spravi s dioptrama. *AB* ravnalo; *M* i *N* rupice u dvije pločice; *MN'* zraka svjetlosti; *MM'*, *NN'* pomoćni rupice, dok svjetlost prevale put *MN'*.

a) Vidi II. dio.



ske. Umjesto pravca, koji spaja središta dioptara, dolazi ovdje os dalekozora, t. j. pravac, koji spaja sredinu objektiva sa presjecištem niti mikrometra, kada je ono dovedeno u žarište objektiva. Važno je tek to, da li nit pokriva zvijezdu ili ne. Matematičari pa i astronomi prvog reda, koji su B-u stavili prije spomenuti prvi prigovor, očito nisu dosta pažljivo proučili Bradleyevo tumačenje.

12.—14. Samo godišnje gibanje Zemlje dosta je brzo, da prouzroči aberaciju, koja se može primijetiti. Izvedene su formule i načinjene tablice za izračunavanje aberacije u dužini, u širini, u rektascenziji i u deklinaciji. Mjerenjem se najlaglje određuje potonja, jer ona utječe na zenitni razmak zvijezde pri prolazu kroz meridijan. Opažanje onda nije zavisno o mjerenju vremena, već samo o razdiobi kvadranta i o dijelovima unutarnjeg i izvanjeg mikrometra. Kod stajačice, koja je vrlo blizu polu ekliptike, aberacija u deklinaciji dvaput je u godinu dana potpuna, t. j. 20". Kao instrument može se upotrebiti kvadrant, koji se da obrnuti [oko vertikalne osi]. Još bolji bit će sektor velikog polumjera, kakvim motrimo zvijezde, koje dolaze veoma blizu zenitu; točnost mjerenja ovdje je mnogo veća. Ako nismo preblizu vrućem pojasu, možemo onda opažati zvijezde, kojima se aberacija u deklinaciji penje do 18" ili 19".

15. 16. Ako u tubusu dalekozora zrak nadomjestimo vodom, brzina se svjetlosti — prema Newtonovoj teoriji — unutar tubusa povećava. Aberacija se smanji<sup>b)</sup>, jer je približno obrnuto razmjerna brzini, kojom se svjetlost širi u tubusu. Nije odlučno, kolika je brzina bila prije ulaska svjetlosti u dalekozor, a ni to, kolika će biti, kada svjetlost iz njega izađe i uđe u oko.

17. Zamislimo, da umjesto kroz dioptre na ravnalu motrimo zvijezdu kroz cijev, kojoj su osnovke zatvorene staklima, a svako je staklo pokrito debelim papirom, koji ima u sredini rupicu. Cijev se smjesti na astronomski kvadrant i kroz cijev motrimo zvijezdu na sjeveru, a aberacija neka odmakne zvijezdu od zenita. Ako je cijev puna vode, očekujemo — prema Newtonovoj teoriji —, da će aberacija izaći manja, negoli ako je zrak u cijevi. Budući da je prividni zenitni razmak jednak pravomu, umanjenju za atmosfernu refrakciju i za aberaciju, razlika je zenitnih razmaka kod pune i kod prazne cijevi jednaka razlici aberacija.

18. No to su samo zamišljena opažanja. U istinu treba primijeniti dalekozor, koji s mikrometrom, umjetnički izrađenim, dopušta mjeriti sekunde i još sitnije kutove. Treba dakle razmotriti, kako nam je načiniti dalekozor, koji između objektiva i mikrometra sadržaje vodu, i kako će se takav dalekozor i s njim još i

obični smjestiti na istom ovcem kvadrantu ili sektoru. Treba još reći, da se razlika zenitnih razmaka može odrediti, ako i ne poznamo točnu vrijednost svakog razmaka: zajednička pogreška, na pr. poradi netočnosti razdiobe limbusa, na razliku ne utječe.

19. 20. B. preporučuje sektor, kakav mu je služio pri mjerenju stupnja meridijana, a može se obrnuti. B-ev opisan je u djelu *De expeditione litteraria*. Njegovi se podaci jedva za 1" razlikuju od srednje vrijednosti, premda se tiču apsolutnog zenitnog razmaka i premda se instrument prenašao. Drugi takav sektor sagradio je prema tomu uzoru i uz B-evu prisutnost Liesganig u Beču, onda Beccaria i drugi.<sup>c)</sup>

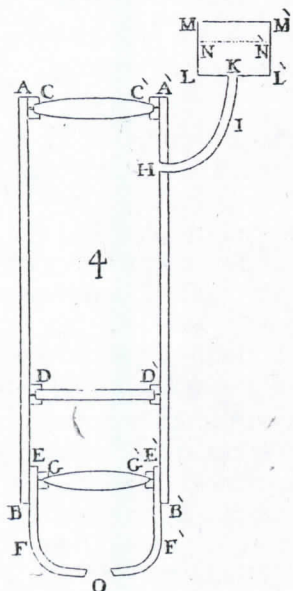
21.—25. Evo opis sektora! Na dugu, jaku kovnu motku, na koju se stavlja dalekozor, učvršćena je dolje pod pravim kutom kratka motka, koja nosi ravan limbus. Taj se može u svom smjeru pomicati. Križ motaka može se zakretati u meridijanu. Kut, što ga čini duga motka sa žicom, koja utezićem nategnuta visi s gornjeg kraja motke, pokazuje zenitni razmak. Ljestvica limbusa daje tangente tog kuta. Liesganigova ljestvica nema crtica već okrugle rupice, kojima je promjer sasvim malo veći od debljine žice; [mikrometarskim] vijkom pomičemo limbus, dok žica ne pokrije rupicu simetrično, te mikroskopom vidimo uz žicu dva kružna odsječka, kojima su tetive jednake. 3 dijela razdiobe vijka odgovaraju kutu 1", a mogle su se cijeliti i četvrtine dijela. Motke se zakreću u meridijanu s pomoću drugog vijka, dok horizontalna nit nitnog križa u dalekozoru ne pokrije zvijezdu. Poradi sferne i kromatične aberacije slika zvijezde nije točka i to ovdje baš pomaže točnosti mjerenja; treba tek udesiti, da odsječci aberacijskog kruga budu s obje strane niti jednaki, pa je onda zvijezda baš iza osi niti. Ako motke okrenemo za 180° oko vertikalne osi i mjerenje ponovimo, zakreti žice pred limbusom uslijedit će na suprotnu stranu, Sastavljajući oba rezultata uklanjamo pogrešku, koja bi inače nastala, jer obje motke nisu jedna na drugoj točno okomite i jer dalekozor i motka, koja ga nosi, nisu točno paralelni.<sup>d)</sup>

26.—28. Spomenute pogreške a ni pogreška razdiobe ne utječu na razliku podataka dva ju dalekozora, običnog i onog s vodom. Ti se mogu učvrstiti uz motku s jedne i druge strane, u tolikom razmaku, da jedan drugom ne smeta. B. zamišlja, da bi se mogao zenitni razmak zvijezde odrediti uzastopce kroz jedan dalekozor i onda odmah kroz drugi, još prije negoli zvijezda stigne u presjek crta nitnog križa, i da bi se onda mogao još za vremenjena sektor okrenuti za 180° i obje veličine nanovo izmjeriti, prije nego

što zvijezda izađe iz vidnog polja. I tako bi se stvar riješila već u jednoj noći (danu). Udobnije će biti, da se prva dva mjerenja izvrše pri jednoj kulminaciji zvijezde, druga dva pri slijedećoj. U tom se slučaju svaki par mjerenja može ponoviti. Promjena atmosferne refrakcije u roku jednog dana ovdje ne može smetati, kada sama ta refrakcija u blizini zenita iznosi otprilike toliko sekunda kolik je zenitni razmak u stupnjevima. Drugo bi bilo, kada bi se umjesto sektora upotrebio kvadrant, pa bi se motrile zvijezde, koje kulminiraju u većim zenitnim razmacima. Povrh toga kvadrant velikog polumjera ili se ne da okrenuti ili se mnogo teže okreće negoli sektor.

29. Dakako da bi i zenitni razmaci izmjereni bez okretanja sektora riješili postavljenu zadaću. No onda bi za svaki dalekozor trebalo točno odrediti, koja točka limbusa pripada zenitu. Predloženi je postupak bolji, jer daje dvostruk učinak, te je prema tomu osjetljiviji.

## § II. Teorija i izvedba predloženog dalekozora



Sl. 2. — B-ey dalekozor; između objektivna CC' i ploče DD' nalazi se voda.

31.—35. Da bi dalekozor mogao sadržavati vodu, od objektivna do žarišta, treba da mu je tubus sav od kovine. Gdje se obično nalazi diafragma s mikrometrom, treba staviti planparalelno staklo, na čijoj su gornjoj strani načinjena diamantom ili kremenom dva pravca, koji nadomještaju nitni mikrometar. Voda u tubusu komunicira kroz jednu cijev s izvanjom, visokom posudom, da tubus bude uvijek pun (sl. 2., B-eva fig. 4.). Bilo bi zlo, kada tubus ne bi bio sasvim pun vode, pogotovu kada bi priklanjanje dalekozora oslobodilo tek jedan dio objektivna od vode.

36.—39. Ako je objektiv simetrična staklena leća, s indeksom loma  $\frac{3}{2}$ , žarišna je daljina jednaka polumjeru krivosti površina leće. Doda li se voda, s indeksom loma  $\frac{4}{3}$ , žarišna se daljina podvostruči.<sup>e)</sup>

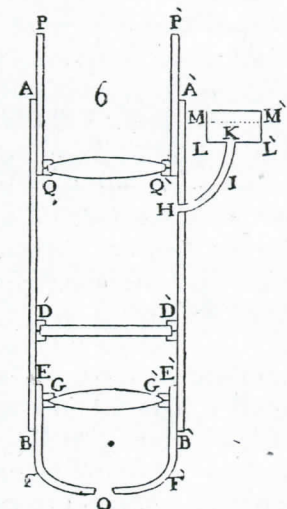
40.—43. Duljina tubusa određuje žarišnu daljinu. Uzet ćemo dakle objektiv, čija je žarišna daljina u zraku otprilike polovica željene vrijednosti, i onda ćemo staklenu ploču kušanjem smjestiti u valjani namještaj. Okvir te ploče može se

naime pomicati u tubusu načinjenu od bolje kovine, dugom 5 ili 6 palaca, a taj je tubus umetnut u veliki tubus; treba da dobro pristaje jedan u drugi, da se voda ne propušta. Okular se namjesti tako, da udaljen predmet vidimo oštro; onda se namjesti staklena ploča, da i njezine crte vidimo oštro. Najbolje je micati oko lijevo-desno i paziti, nastaje li paralaksa. Međutim umjesto da pomičemo ploču bolje će biti, da se pomiče objektiv. Trebalo bi ga zato smjestiti u dno jednog tubusa, koji bi se dao pomicati u gornjem dijelu velikog tubusa (sl. 3., B-eva fig. 6.). Taj bi tubus objektivna bio i po tom koristan, što bi zastavljao svjetlost, koja dolazi sa strane, pa bi se sjajnije stajalice mogle motriti i danju. No i u tom slučaju treba udesiti, da se staklena ploča može vrtjeti oko osi dalekozora, da bi se jedna od njezinih crta mogla staviti paralelno dnevnom gibanju zvijezde.

44.—47. Uz dani okular bilo bi povećanje B-eva dalekozora  $\frac{3}{4}$ <sup>d)</sup> povećanja običnog dalekozora, čiji bi objektiv imao jednaku žarišnu daljinu kao B-ev zajedno s vodom. Uz isti okular i isti objektiv povećanje je u dalekozoru bez vode  $\frac{2}{3}$  povećanja, koje daje dalekozor s vodom.<sup>e)</sup>

48.—61. Razmatra se pitanje akromatičnosti. Objektiv će se složiti iz dvije leće, jedne od običnog [= krunsko], druge od flint stakla; iza druge slijedi voda. Leće neka budu simetrične, jer takve se laglje bruse. Izlazi, da druga leća mora biti konkavna, i izračunava se, kolik dio zahtijevane žarišne daljine iznose polumjeri krivosti površina jedne i druge leće.<sup>b)</sup>

62. Jednom primjedbom B. se osvrće na sfernu pogrešku, i onda — nakon svih računa akromatičnosti — iznosi jednostavno rješenje svih tih teškoća. Njemu se »dosjetio najposlije, kako to često biva«. Dosta je uzeti akromatični objektiv običnog dalekozora i ispod njega umetnuti novu leću, konkavkonveksnu, od običnog stakla, leću, kojoj površine imaju zajedničko središte krivosti. To središte neka se podudara sa žarištem objektivna i ispod konkavne površine te leće slijedi odmah stup vode. Zrake, koje iz objektivna polaze prema žarištu, udaraju na površinu umetnute leće i na površinu stupa vode okomito i prelaz u vodu ne stvara aberaciju, ni kromatičnu ni sfernu. Najposlije, umetnuta leća mo-



Sl. 3. — B-ey dalekozor; objektiv je pomičan.



gla bi imati površine jednakih krivosti, što je mnogo laglje načiniti. To je tako mala razlika, da otuda ne bi nastala nikakva spomena vrijedna pogreška. Gubitak svjetlosti u vodi bio bi malen, jer se umetanjem vode žarište ne bi udaljilo i jer akromatični objektivi imaju golemu aperturu.

### § III. O stajačicama, koje su prikladne za to istraživanje; rješenje prigovora

63. Kao instrument doš'i bi u obzir polukrug (*semicirculus*), koji se da lako okrenuti, zatim kvadrant, na kojemu bi dalekozori bili smješteni u sredini limbuse, ali osobito — kako je već spomenuto — sektor velikog polumjera.

64.—67. Poradi aberacije treba dalekozor u svako doba godine drukčije prikloniti: kao da se stajačica giblje približno kružnicom u ravnini paralelnoj ekliptici. Na djeliću neba, koji zamišljamo ravnim, stajačica dakle opisuje približno elipsu; velika je os elipse paralelna ekliptici i iznosi  $2 \times 20''$ , dok je mala os manja u omjeru sinusa širine stajačice. Svaka zvijezda ima dvaput u godinu dana najveću aberaciju u dužini,  $20''$ , i između toga dvaput najveću aberaciju u širini. Najveća aberacija u širini manja je od najveće aberacije u deklinaciji, budući da je mala poluos elipse manja od kojegod druge okomice spuštene iz središta elipse na tangentu.

68.—70. Neka je  $F$  stajačica (*fixa*),  $P$  pol ekliptike  $P'$  pol ekvatora. Ako je kut  $PPF'$  pravi, stajačica će dvaput na godinu imati potpunu aberaciju u deklinaciji,  $20''$ . Za to treba da je  $PF < PP'$ . Iz sfernog trokuta  $PPF$  slijedi, da je  $\cos PPF = \frac{\sin PF}{\sin PP'}$  i  $\cos P'F = \frac{\sin PP'}{\sin PF}$ . Odabравši dakle širinu, t. j. komplement od  $PF$ , dobivamo odavle dužinu stajačice i njezinu deklinaciju. Poznavajući  $PF$  i  $P'F$  možemo na nebeskom globusu s pomoću šestila naći mjesto s potpunom aberacijom u deklinaciji. Ta mjesta  $F$  čine krivulju; njezina projekcija na ekliptiku jest krivulja 4. stupnja (jednadžba te krivulje izvodi se u bilješci). Međutim na stajačice u toj krivulji može se sektor primijeniti — kako mu je luk malen — samo na mjestima dosta velike geografske širine.

71. 72. Drugo je, ako se zadovoljimo s time, da motrimo takvu aberaciju u deklinaciji, koja je nešto manja od potpune. Uzmemo li na pr. u Parizu, gdje je zenitni razmak pola  $41^{\circ} 10'$ , sektor sa lukom samo  $4^{\circ}$  na svaku stranu, onda treba da je stajačica od pola udaljena bar  $37^{\circ} 10'$ , da dođe na dohvat sektoru. Tomu odgovara najmanji razmak od pola ekliptike  $37^{\circ} 10' - 23^{\circ} 28' = 13^{\circ} 42'$  i cosinus toga kuta  $0.972$ . U tom je dakle primjeru najveća aberacija u širini i u deklinaciji  $0.972 \times 20 = 19.44''$ . U drugim

je primjerima povoljno, da je najveća aberacija u deklinaciji, kako je već razloženo, veća od najveće aberacije u širini. Sve u svemu izlazi, da je velik dio neba, gdje je najveća aberacija u deklinaciji tek malo manja od potpune. Da bismo jednim pogledom vidjeli, koje se stajačice mogu upotrebiti, načinit ćemo na nebeskom globusu dvije kružnice tako, da šiljak šestila zabodemo u pol i kut krakova šestila bude jednak zenitnom razmaku pola umanjenju dot. povećanu za polovicu veličine limbuse instrumenta. Time se dobiva na globusu pojas, u kojemu se nalaze stajačice, koje su instrumentu pristupne. Ako u tom pojasu uzmemo mjesta, koja od pola ekliptike nisu više udaljena negoli  $25^{\circ}$  (šiljak šestila staviti u pol ekliptike, otvor  $25^{\circ}$ !), onda će za ta mjesta najveća aberacija u deklinaciji zaostati za potpunom najviše za  $2''$ .

73. Izlazi, da nema prikladnih stajačica ni 1. ni 2. reda za ta istraživanja, već samo 3. i 4. reda. No premda bi voda u tubusu dugom 8 stopa mnogo svjetlosti uništila, B. podnipošto ne sumnja, da će se i te zvijezde moći jasno motriti, osobito noću, pogotovu, bude li se uzeo objektiv ponešto veće aperture. I na morskome dnu, gdje je more bilo mnogo dublje od 8 stopa, B. je gdjekada vrlo jasno vidio kamenje i ribe, a ipak je morska voda manje prozirna od kišnice.

74. 75. Što se tiče prigovora, onaj prvi, da prividni smjer predmeta odgovara smjeru utiska zrake na oko, nema nikakve dokazne snage. Prividni smjer, kako ga pokazuje instrument, jest smjer pravca, koji ide sredinama otvora u sl. 1., kada zraka, koja je prošla kroz prvi otvor, ide i kroz drugi, ili — kod dalekozora — jest smjer njegove osi, kada zraka udari u presjek niti. A nikako nije ovdje važno, što se zbiva, kada svjetlost iz instrumenta izađe. U kratko, razlika prividnih razmaka od zenita dobivena s ona dva dalekozora zavisi samo o gibanju zrake između objektiva i okulara i o gibanju Zemlje. Translacija zraka ili vode u tubusu ne povlači sa sobom čestica svjetlosti. Njima je otvoren potpuno slobodan prolaz kroz prostor među česticama tvari, jer je taj prostor silno mnogo puta veći, u B-ovoj teoriji neizmjereno mnogo puta veći, negoli prostor, što ga zauzima tvar. Zbog homogenosti tvari čestice svjetlosti nisu u tvari izložene nikakvim silama, bilo da tvar miruje bilo da je u translaciji; one dakle ne mijenjaju svog puta. Promjene gibanja nastaju samo u površini, koja luči sredstva. Čestice svjetlosti ne udaraju u čestice sredstava. Kad bi se to događalo, čestice svjetlosti, kad izađu iz stakla u zrak, ne bi imale brzinu, koliku su prije imale u zraku; i kada bi po-



slije toga unišle u drugo staklo, staze bi se njihove jače lomile, jer jednake sile jače djeluju na čestice, koje su sporije.

76.—78. Kako je prema Newtonovoj teoriji brzina svjetlosti u vodi  $\frac{1}{3}$  puta veća negoli u zraku, bit će omjer aberacija kod dalekozora s vodom i kod običnog dalekozora  $\frac{3}{4}$ . Ako obični dalekozor daje aberaciju  $18''$ , te obrnuvši sektor mjerimo dvostruku tu vrijednost,  $36''$ , B-ovim ćemo dalekozorom naći za četvrtinu, t. j. za  $9''$  manju vrijednost. Sam od sebe dakle otpada drugi prigovor, naime da je vrijeme, što ga svjetlost treba za prolaz kroz tubus, izvanredno kratko. Ne radi se o tomu, već je važan omjer brzine Zemlje i brzine svjetlosti. I kada bi se mogao upotrebiti dalekozor najvećeg povećanja, kut  $9''$  povećao bi se na više negoli prividni promjer punog Mjeseca. No i kod manjih povećanja, koja su obična kod dalekozora, koji se stavljaju na sektore od 8 stopa, kut  $1''$  sigurno se opaža. Treba najposlije misliti i na ovo. U primjerima, gdje po Newtonovoj teoriji očekujemo, da će obični dalekozor dati dvostruku aberaciju za  $9''$  veću negoli dalekozor s vodom, po protivnoj teoriji očekujemo obrnut rezultat. Ako bi taj imao biti jednako velik, onda bi po toj drugoj teoriji očekivali rezultat, koji je u svemu za  $18''$  različan. Vidimo eto, kako je osjetljiva metoda, kojom bi se to pitanje imalo riješiti.

#### § IV. O učinku aberacije kod zemaljskih izvora svjetlosti<sup>i)</sup>

80. 81. 83. Zamislimo svijetlu točku R (sl. 1.), koja se giblje zajedno sa Zemljom. Zraka  $RMN'$  ide kroz oba otvora  $M$  i  $N'$  i komadi  $RN'$  i  $MN'$  te zrake odnose se kao vremena, u kojima ih svjetlost prevali, dakle i kao putovi  $RR'$  i  $MM'$  ( $NN'$ ), koje u tima vremenima prevali točka  $R$  i otvor  $M$ . Trokut  $RN'R'$  bit će dakle sličan trokutu  $MN'M'$  [budući da je  $RR' \parallel MM'$ ]. Prema tomu točke  $R'$ ,  $M'$ ,  $N'$  leže u jednom pravcu. Gledajući dakle kroz oba otvora vidimo svijetlu točku u svaki čas na onom mjestu gdje se upravo nalazi! [Aberacije dakle nema.] Što ovdje vrijedi za spojnicu otvora, slično vrijedi kod dalekozora za os njegovu. Tu tako reći dvije pogreške jedna drugu ukidaju: jedna je ta, da zraka dolazi iz smjera, u kojemu se točka nalazila prije, nego što je vidimo, a druga, da se pravac otvora dot. os dalekozora ne podudara sa smjerom zrake. (Kod udaljenih predmeta na pr. vrha gore, točke  $M'$ ,  $N'$ ,  $R'$  ne će biti u jednom pravcu i to zbog loma zrake u atmosferi, no na to se ovdje ne treba osvrnati.)

84.—86. Stvar se drukčije ima, ako su pločice s otvorima zgodne osnovke cijevi, koja je puna vode, ili ako dalekozor između

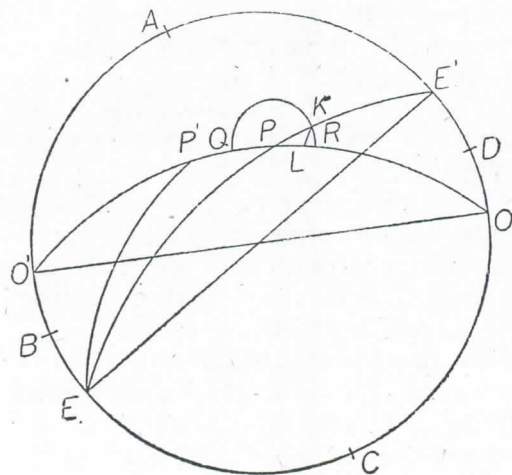
objektiva i mikrometra sadržaje vodu. Onda će spojnica otvora  $N'M'$  ići točkom  $R'$  samo u slučaju, ako  $R'$  leži u smjeru gibanja Zemlje. U svim drugim primjerima trebat će spojnicu  $N'm$  prema smjeru  $N'R'$  prikloniti. Uzmimo, da je u vodi brzina svjetlosti veća negoli u zraku, što je — prema B-u — jamačno istina. Ako u slučaju zraka drugi otvor prevali put  $NN'$ , dok je čestica svjetlosti prevalila put  $MN'$ , onda u slučaju vode svjetlost prevali taj put u  $\frac{3}{4}$  predašnjeg vremena i drugi otvor ima da prevali samo  $\frac{3}{4}$  od  $NN'$ , da za vremena stigne u  $N'$ . U čas, kada zraka pođe od prvog otvora  $M$ , treba dakle da je drugi otvor u  $n$ , gdje je  $nN' = \frac{3}{4} NN'$ . Ako na pravcu  $MM'$  odmjerimo  $Mm = nN'$ , dobivamo  $M'm$  kao dužinu, za koju treba prvi otvor pomaći. Izlazi, da treba dalekozor prikloniti u protivnom smjeru nego što se Zemlja giblje. (U smjeru gibanja trebalo bi prikloniti spravu, kad bi bila brzina svjetlosti u vodi manja negoli u zraku.) S obzirom na smjer prema  $R'$  izlazi dakle aberacija, koja je dana kutom  $M'N'm$ . Ona se odnosi prema aberaciji  $M'NM$  kao 1 : 4. Prema tomu dok je u slučaju zraka gibanje svijetle točke potpuno korigiralo aberaciju, u slučaju vode taj ispravak nije potpun. Ako prividni smjer svijetle točke,  $N'm$ , čini sa brzinom Zemlje pravi kut  $N'mM'$ , aberacija [s obzirom na smjer  $N'R'$ ] jest najveća. Inače je ona razmjerna sa sinusom toga kuta.

87.—90. Ako pravac  $N'M'$  usmjerimo prema takvoj zemaljskoj točki, da on ujedno pokazuje prema točki ekliptike, koja je za tri [zodiakalna] znaka zapadnija od Sunca, pravac  $N'M'$  leži u smjeru gibanja Zemlje i aberacije ne će biti. Ako sada pustimo da ona zemaljska točka, a i rupice na Zemlji miruju, poradi vrtnje Zemlje smjer će se  $N'M'$  udaljavati od smjera gibanja Zemlje i nastat će aberacija [s obzirom na smjer  $N'M'$ ], koja je razmjerna sinusom kuta, što ga čini  $N'M'$  sa smjerom prema onoj točki ekliptike. — Znamo li, gdje je Sunce nekog dana, znat ćemo točku ekliptike udaljenu za tri znaka i znat ćemo mjesto i čas njezina izlaza ili zalaza. Upravimo cijev prema toj točki horizonta. U doba solsticija ona je točka ekliptike u ekvatoru i giblje se u ravnini, u kojoj os cijevi ostaje. Prema tomu zemaljska točka, koju vidimo u prvom otvoru cijevi, opisuje pravac i to na svaku stranu  $5''$ , t. j.  $\frac{1}{4}$  od  $20''$ . — Ako cijev stavimo u smjer osi ekvatora, onda smjer gibanja Zemlje cio dan sa cijevi čini [približno] stalan kut i relativno spram cijevi opisuje čun. Taj je kut komplement deklinacije točke ekliptike, prema kojoj je gibanje Zemlje usmjereno, te je u doba solsticija pravi kut, a u ekvinokcijima  $66^{\circ} 32'$ . Ako dakle cio dan kroz tako namještenu cijev motrimo zemaljsku točku, ta će točka oko pravog svog mjesta prividno opisivati kružnicu, kojoj je polu-



mjer u solsticiju  $5''$ , u ekvinokciju  $5'' \times \sin 66^\circ 32' = 4.58''$ . Zbroj aberacija razmaknutih za 12 sati u tima je primjerima  $10''$  dot.  $9.16''$ . — Ako je smjer cijevi s vodom kojigod, prividno mjesto neke zemaljske točke opisuje na nebeskom svodu krivulju. Kako ta krivulja zauzimalje tek malen dio neba, pomišljamo taj dio ravnim i krivulja je, kako će se vidjeti, elipsa. Velika je os elipse okomita na najvećem krugu, koji ide kroz pol ekvatora i kroz točku neba, prema kojoj je cijev usmjerena. Ona je u solsticijima široka  $10''$ , u kojegod drugo doba godine  $10''$  pomnoženo sa cosinusom deklinacije mjesta ekliptike, koje je od Sunca udaljeno za tri znaka, dakle je velika os u doba ekvinokcija  $9.16''$ . Mala je os elipse jednaka umnošku velike osi i cosinusa razmaka između onog mjesta neba, prema kojemu je cijev uperena, i pola ekvatora.

91.—95. Trebat će izmjeriti visinu i azimut točke  $P$  (sl. 4.)<sup>k</sup>, prema kojoj je cijev uperena. Znajući visinu pola  $P'$  izračunat će



Sl. 4. — Aberacija zemaljske točke prema B-u.

$E$  točka ekliptike za tri znaka zapadnija od Sunca;  $AO'BECODE'$  deklinacijska paralela nebeskog svoda;  $P'$  pol ekvatora;  $P$  smjer cijevi s vodom;  $O'P'PO$  luk satnog kuta točke  $P$ ; satni kutovi početka Ovna, Raka, Vage i Jarca presijecaju paralelu u  $A, B, C, D$ ;  $PK$  B-eva aberacija,  $PL$  apscisa,  $LK$  ordinata;  $QR$  širina aberacijske krivulje  $QKR$ .

se iz tih podataka satni kut točke  $P$  i njezin razmak od pola,  $PP'$ . Rektascenzija Sunca u svako je doba poznata, dakle je poznat i satni kut točke  $E$ , koja je u ekliptici za tri znaka zapadnija, te je poznat također kut  $PP'E$ , što ga čine satni krugovi točaka  $E$  i  $P$ . Rješavajući sferni trokut  $PP'E$  naći ćemo najposlije razmak  $EP$  i kut  $PPE$ . Iz  $EP$  slijedi veličina [po B-u zamišljene] aberacije:  $PK = a \sin EP$ , gdje je  $a = 5''$ ;  $PK$  je produljenje luka  $EP$ . Uzmimo  $P$  za ishodište koordinatnog sustava, koji je tako namješten, da su koordinate

$$x = PL = PK \cos PPE = a \sin EP \cos PPE$$

$$y = LK = a \sin EP \sin PPE.$$

Pitanje je, koju krivulju opisuje tečajem jednog dana točka  $K$ , prividno mjesto zemaljske točke, koju motrimo kroz cijev. Za dan solsticija, t. j.  $EP' = 90^\circ$ , B. dobiva rezultat, da je krivulja elipsa

$$y^2 + x^2 : \cos^2 PP' = a^2.1)$$

96.—99. Na sve druge dane jednadžba se krivulje [prema B-u] penje do mnogo višeg stupnja (*multo altius*), što B. razlaže u bilješci.<sup>m</sup>) Ipak možemo lako za svaki dan naći širinu i dužinu krivulje. Ako luk satnoga kuta točke  $P$  presijeca paralelu točke  $E$  u točkama  $O$  i  $O'$  ( $PE = PO = PO'$ ), onda su skrajnje vrijednosti apscise  $x$

$$PR = a \sin (O'P' + PP'), PQ = a \sin (OP' - PP');$$

širina je krivulje prema tomu

$$QR = PR + PQ = 2a \sin EP' \cos PP',$$

a sredina te širine udaljena je od točke  $P$  za iznos

$$(PR - PQ) : 2 = a \cos EP' \sin PP'$$

[što je na dan solsticija = 0]. Budući da je

$$y = a \sin EP' \sin PPE$$

i  $EP'$  diljem jednog dana približno stalno,  $y$  se mijenja razmjerno sa  $\sin PPE$ , te je najveće, kada je  $PPE = 90^\circ$ . Dakle je dužina krivulje  $2 a \sin EP'$  i širina je jednaka dužini pomnoženoj sa  $\cos PP'$ , — sve, kako je prije rečeno. Spomenimo još primjer, da je cijev okomita na os ekvatora ( $PP' = 90^\circ$ ). Onda je širina krivulje = 0 [i  $P$  leži izvan tog pravca].<sup>n</sup>)

100. Umjesto cijevi uzet ćemo dakako dalekozor. Kao predmet bit će zgodan malen bijel krug u crnom polju; rasvijetliti se može uz pomoć konkavnog zrcala ili velike leće. Dalekozor neka ima akromatični objektiv sa stupom vode od 3 ili 4 stope, a otvor objektiva neka je širok toliko crta, koliko palaca iznosi žarišna daljina. Još jači izvor svjetlosti bio bi otvor u ploči, koja je straga rasvijetljena plamenom, koji gori u upaljivom plinu.<sup>o</sup>) Obični dalekozor nije potreban. Daljina predmeta može na pr. biti dvadesetak puta veća od dužine tubusa.<sup>p</sup>) Dakako da bi se radi sigurnosti mogao ipak namjestiti i obični dalekozor, na pr. da otkrije, ne gublje li se možda zgrada, u kojoj se nalazimo.

101. Osobita je olakšica, da ne treba sektora, već samo dalekozor s unutarnjim mikrometrom. To je staklena ploča sa dvije crte; ploča se s pomoću dva mikrometrijska vijka pomiče u dva međusobno okomita smjera, dok presjek crta ne pokrije sliku predmeta. Ili će se uzeti nepomična ploča, koje će se izvan vode doticati nitni mikrometar. Još je i to olakšica, da se pojav mijenja vrlo



sporo i slika ne bježi iz vidnog polja kao slika stajačice u sektoru. Povrh toga opažanja ne zavise o vremenskim prilikama.

102. 103. Bilo bi najbolje, da se dalekozor čvrsto smjesti u smjer osi ekvatora. U razmaku od 12 sati prividno bi se mjesto zemaljskog predmeta onda pomaklo za 10" u solsticijima, za 9" u ekvinokcijima. Međutim i kod drugih namještaja može se u doba solsticija dobiti 10"; a malo manje u svako drugo doba, ako se onaj razmak od 12 sati zgodno odabere. Bit će onda najbolje, da se tubus položi horizontalno, jer u tom se smjeru predmet najlaglje smjesti i rasvijetli. Spomenimo još, da bi bilo dobro, kada bi se umjesto vode mogla naći tekućina, koja jače lomi svjetlost. Kada bi lom bio onolik, kolik je kod diamanta, onda bi umjesto onih 10" dobili 24".

104. Aberacija, koja je ovdje ispitana, morala bi nastati i u oku i kako pogled svaki čas svraćamo u drugi smjer, ta se aberacija u smjeru i u veličini neprestance mijenja, a mijenja se i tečajem dana. Kada bi brzina svjetlosti bila mnogo manja, nego što jest, nastala bi otuda velika zbrka.

105. B. drži, da je obrađeni predmet od najveće važnosti za dobro upoznavanje prirode i svojstava svjetlosti, a i prirode i pravog uzroka godišnje aberacije stajačica. U zvjezdarnicama trebalo bi uz glavne instrumente postaviti i predloženi dalekozor nove vrsti i to bilo na sektoru zajedno s običnim dalekozorom bilo sam, providen unutarnjim mikrometrom, da se motrenjem zemaljskog objekta dnevice odredi razlika brzina svjetlosti u različitim sredstvima.

## II. dio

### BILJEŠKE NA TU RASPRAVU

a) al. 11. — Zabarella stavlja *animastičko* gibanje, jer potječe od duše, u opreku fizičkom, koje potječe od prirode (Du Cange, *Glossarium*; Giacomo Zabarella, 1532.—1589.). Eisler, *Wörterbuch* (4. izd. 1927.), nema tog pojma.

b) 16. — Prema teoriji emisije u B-evu bi dalekozoru aberacija bila manja nego li u običnom, kada bi os dalekozora imala smjer apsolutne zrake i slika bi nastala izvan osi. Vidi IV. dio.

c) 20. — Jos. Biesganig (1719.—1799.) mjerio je g. 1762. luk bečkog meridijana, od Brna do Varaždina, a bio bi mjerenje nastavio u Hrvatsku, *nisi... absterruisset montis Ivanicsica* (sic) *jugum, densissima silva horridum, ac paene inaccessum*. God. 1769. mjerio je meridijan uz rijeku Tisu, s najjužnijim mjestom Petrovaradinom. O tim radovima izdao je djelo *Dimensio graduum*

*meridiani Viennensis et Hungarici*, Beč 1770. — G.-B. Beccaria izvršio je takva mjerenja u Piemontu.

d) 25. — B. nadovezuje taj opis na priprost crtež. U djelu *De litteraria expeditione* posvetio je sektoru 84 strane i cijelu tablicu II. sa pomnjivo izrađenim crtežima. Premda je limbus ravan, B. je ipak ime sektor pridržao. U Liesganigovu djelu sprava je osobito jasno prikazana. Na str. 164. tog djela sektor *a r. p. Boscovich inventus* u velike je pohvaljen; osobito zato što mu je ljestvica ravna, pa se da laglje ispitati, i jer nema unutarnjeg mikrometra.

e) 38. — »Žarišna daljina« jest dakako daljina drugog glavnog žarišta. Ako kao objektiv zamišljamo plankonveksnu staklenu leću, dodavanjem vode ta će žarišna daljina narasti  $\frac{1}{3}$  puta ili 4 puta, prema tome, da li se leća tiče vode ravnom površinom ili konveksnom.

f) 47. — B. kaže:  $\frac{1}{3}$  (isto tako u *Extrait*, str. 515). Njegov izvod teško je slijediti. Stvar se lako rješava uvođenjem čvornih točaka. U B-evu dalekozoru čvorne točke objektiva leže u vodi, u običnom one su u objektivu, pa kako je veličina slike, koju stvara objektiv, razmjerna udaljenosti od čvorne točke, povećanje je B-eva dalekozora u tom primjeru manje.

g) 47. — Vrijedi, ako je objektiv simetrična leća. Kad bi on bio leća konkavkonveksna i konkavna bi površina imala polumjer 3 puta veći negoli konveksna, a tekućina bi se ticala konkavne površine, onda bi objektiv bez tekućine i s tekućinom imao žarište na istom mjestu, te bi prema predašnjem omjer onih povećanja, ako je tekućina voda, umjesto  $\frac{2}{3}$  iznosio  $\frac{1}{3}$  (*Extrait*, str. 515.). Ako je objektiv plankonveksan i njegova je ravna površina okrenuta prema slici, povećanje je bez tekućine i s tekućinom jednako. Ako se dodatkom vode druga glavna žarišna daljina promijeni u omjeru  $k$ , prva se glavna žarišna daljina, a isto toliko i povećanje promijene u omjeru  $3k : 4$ .

h) O B-evu radu u optici v. poznatu Dvořákovu raspravu iz g. 1888. U novije vrijeme pisali su o tom radu s priznanjem M. von Rohr (na pr. u djelu *Fraunhofers Leben, Leistungen und Wirksamkeit*, 1929.) i osobito H. Boegehold u povremenom časopisu *Forschungen zur Geschichte der Optik*, I, str. 2., 18., 24.—30., g. 1928.; str. 251., g. 1936.; III, str. 107., g. 1943.

i) Naslov § IV. B. popraćuje bilješkom, u kojoj kaže, da se osnovnoj misli toga § dosjetio, kad je već prva tri §§ napisao. Držao je, da će biti bolje, da napisano ostavi, kako jest, nego da čitavu raspravu preradi. Šteta je, da B. dodavajući § IV. nije preinačio naslov svoje rasprave; dodatak tim naslovom nije obuhvaćen.



l) 84. — Tojka aberacija zemaljske svjetlosti nastala bi u B-evu dalekozoru (teorija emisije!), kada bi os njegova imala smjer apsolutne zrake. Vidi IV. dio. Isp. bilješku b).

k) 91. — Sl. 4. nacrtana je prema B-ovoj fig. 9. Taj crtež služio je B-u također pri izvodu u bilješci na al. 69., pa u njemu ima i crta, koje su ovdje suvišne. U sl. 4. to je izostavljeno.

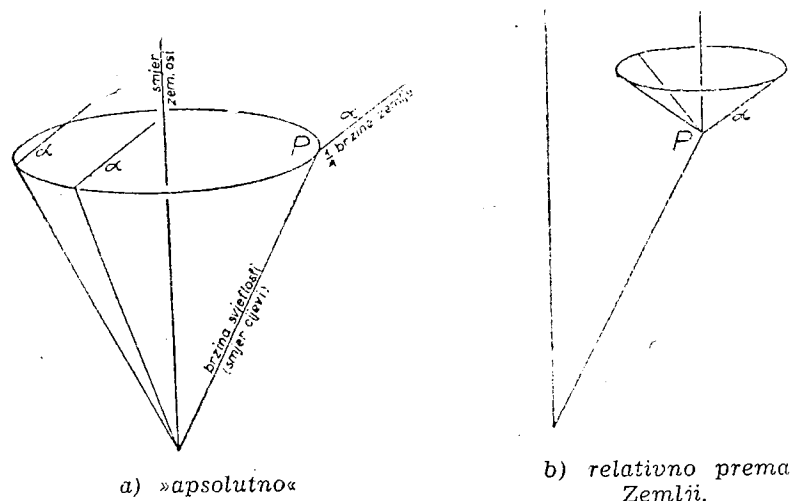
l) 95. — Kraći put do te jednadžbe jest ovaj. U izraze za  $x$  i  $y$  umjesto  $EP$  uvedimo  $EP'$ , uz pomoć osnovnih formula sfere trigonometrije, i onda stavimo  $EP' = 90^\circ$ . Tako se dobiva

$$x = -a \cos PP' \cos PP'E, \quad y = a \sin PP'E$$

i otuda neposredno tražena jednadžba.

m) 96. — Izvan solsticija krivulja u smjeru satnog kruga s obzirom na  $P$  nije simetrična. Na pr. ako cijev tako namjestimo, da će  $E$  kulminirati u točki  $P$ , onda u čas kulminacije ne će biti aberacije; u tom primjeru dakle krivulja prolazi kroz  $P$ .

n) 99. — Do tih rezultata može se doći i ovako. Os cijevi neka predočuje brzinu svjetlosti u vodi. Na gornji kraj  $P$  osi (sl. 5a.) nadovežimo komadić pravca dužine  $\alpha$ , koji prikazuje  $1/4$  brzine Zemlje. Onda druga krajnja točka tog komadića odgovara prividnom mjestu svijetle točke u vidnom polju cijevi. Ako donji kraj osi zamišljamo čvrst, os u jednom danu opisuje čun; smjer koma-



Sl. 5. — Sastavljanje brzina kod B-ove aberacije.

dića pri tom ostaje približno stalan. Međutim cijev na Zemlji miruje, a komadić pravca tečajem dana relativno spram Zemlje opisuje čun oko osi paralelne sa zemaljskom osi (sl. 5b.) i krajnja točka opisuje kružić, koji leži u ravnini okomitoj na zemaljsku os

i imade promjer  $2a \sin EP'$ . Projekcija kružića na vidno polje cijevi jest elipsa i to vazda, ne samo u solsticijima. Velika os te elipse jednaka je promjeru projiciranog kružića. Otuda izlazi mala os, ako množimo sa cosinusom priklona ravnine kružića spram ravnine vidnog polja, t. j. sa  $\cos PP'$ . — Kako vidimo, aberacija, koju je B. zamišljao, vlada se zanimljivom pravilnošću; gotovo bismo rekli, da je šteta, što ona u zbilji ne postoji.

o) 100. — To je vodik. Cavendish je prvi ispitao svojstva vodika i dokazao, da je taj plin sasvim različan od zraka. Prozvao ga je *inflammable air* (g. 1766.). Nije jasno, kako je B. zamišljao onaj plamen.

p) 100. — Prostor potreban za taj B-ev pokus veoma bi se skratio, kada bi se upotrebio kolimator. Međutim još ni Fraunhofer (rođen tri tjedna iza B-eve smrti) nije se dosjetio toj spravi, kada je izvodio glasovita spektralna mjerenja. Tek g. 1860. Kirchhoff i Bunsen opisuju spektralnu spravu sastavljenu od prizme i dva malena »dalekozora«, od kojih je jednom okular nadomješten pločicom, u kojoj je pukotina. O kolimatoru v. još V. dio.

\* \* \*

Prigodom 100-godišnjice B-eve smrti glasoviti je Schiaparelli našoj akademiji stavio na raspolaganje veoma zanimljivu raspravu »O Boškovićevu astronomskom radu u Milanu«. Rasprava je štampana tekar g. 1912. i to brigom Varićakovom<sup>3</sup>. Schiaparelli — inače pun hvale za B-a — prelazeći na raspravu o dalekozoru s vodom ističe njezinu opširnost (*collusata facondia e quasi prolissità*). Istina, B. ni ovdje nije »kratak«, ali je zanimljiv, upravo vrlo zanimljiv. Spomenimo samo one dvije peripetije u njegovoj radnji. Jednu, kada iza tegotnih računa akromatičnosti iznosi način, kako se svaki objektiv, ne gubeći akromatičnost, može upotrebiti s vodom, uz primjenu stakla, čije brušenje ne iziskuje nikakav nov račun. Drugo je iznenađenje, kada B. prelazi na svoj drugi predlog: primjenu dalekozora s vodom na motrenje zemaljskih predmeta. Pokus time izlazi iz kruga astronomije i postaje jednostavniji.

Pet odlično opremljenih, velikih voluma B-evih *Opera* slabo se prodavalo, na veliko njegovo razočaranje. Tako je i rasprava, o kojoj govorimo, ostala s njima pokopana. Niti se čitala niti citirala. Spomenimo samo značajne primjere.

<sup>3</sup> G. V. Schiaparelli, *Sull'attività del Bošković quale astronomo in Milano*, Rad 190., str. 3.—29.; v. str. 14.—16.

Fresnel, veliki obnovitelj teorije undulacije, g. 1818. u znamenitom pismu Arago<sup>4</sup> raspravlja o B-evu predlogu (*l'expérience proposée par Boscovich*) i dodaje, »da je suvišno zamrsiti aberacijom rezultat, koji se traži, i da se taj rezultat može isto tako dobro odrediti, ako umjesto zvijezde motrimo zemaljski predmet«. Fresnel onda sasvim u kratko upućuje, kako da se eksperimentira. Na dalekozor ili, bolje, na mikroskop treba učvrstiti miru i os aparata staviti okomito na ekliptiku. Iza prvog opažanja treba sve okrenuti u protivni smjer i nanovo mjeriti. Taj se predlog razlikuje od B-eva, jer po B-u novijem predlogu sve ima mirovati, što je veliko jamstvo za dobar uspjeh. B-ev drugi predlog, o B-evu mišljenju važniji, ostao je — kako vidimo — Fresnelu nepoznat, te je jasno, da Fresnel nije poznao B-evu raspravu.

G. 1887. objelodanio je H. A. Lorentz, osnivač elektronike i preteča Einsteinov, raspravu »O utjecaju gibanja Zemlje na pojave svjetlosti«. Dakako da i on spominje *expérience de Boscovich*, ali eto i on kaže: »Već je Fresnel opazio, da se B-ev pokus može izvesti s takvim [t. j. zemaljskim] izvorom baš tako dobro kao i sa svjetlošću zvijezde«. Kao da to nije još prije predložio B. i predlog, kao važniji od prvoga, opsežno razradio! I Silberstein<sup>5</sup>, premda zna za B-evu raspravu, prenosi Fresnelovu tvrdnju bez primjedbe.

A možemo spomenuti još i *Encyklopädie d. math. Wiss.* s obiljem literature u njoj citirane. Tu je na nekoliko mjesta<sup>7</sup> spomenut dalekozor s vodom, pa i B., ali nigdje njegova rasprava o tom predmetu.

I onda Arago! Taj je mjerio, koliko se lomi svjetlost zvijezde u prizmi, kada se Zemlja u godišnjem gibanju zvijezdi približuje, a koliko se lomi, kada se Zemlja udaljuje. Kao svi drugi, sto godina prije Einsteina, tako je i Arago mislio, da je relativna brzina svjetlosti u prvom slučaju veća, negoli u drugom, i da će prema tome biti i lom različit. Međutim rezultat mjerenja bio je uvijek isti, pa je Arago o tom izvijestio g. 1810. pariskoj akademiji. Stvar

<sup>4</sup> Pismo je objavljeno u *Ann. de chim. et de phys.*, rujan 1818. i kasnije u *Oeuvres complètes d'Augustin Fresnel*, II, Paris 1868, str. 627.

<sup>5</sup> *De l'influence du mouvement de la terre sur les phénomènes lumineux*, *Archives néerlandaises* 21; preštampano u H. A. Lorentz, *Abhandlungen über theor. Physik* I, 1907, str. 341.—394.; nanovo u H. A. Lorentz, *Collected Papers* IV, 1937, str. 153.—214.

<sup>6</sup> L. Silberstein, *The Theory of Relativity*, 1914, str. 38., 60.

<sup>7</sup> V 2, str. 671, W. Pauli jr., 1920.

VI 2,2, str. 182., F. Kottler, 1922.

VI 2,1, str. 32., F. Cohn, 1905.

je izašla na glas; bili su to prvi, besvijesni pokušaji, da se odredi apsolutna brzina Zemlje u svemiru. Svoju raspravu o tom predmetu Arago je<sup>8</sup> zametnuo, te je štampana, u spisima akademije, tekar g. 1853.<sup>8</sup> U toj raspravi čitamo: »Bošković je — koliko znam — bio prvi, koji je o tom predmetu iznio obrazložen predlog pokusa (*un projet d'expérience raisonnée*)«. Za razliku od prije spomenutih Arago zna i to, da je B. također predložio, da bi se dalekozor s vodom primijenio i na zemaljski objekt. No Arago tvrdi, da bi — prema B-u — u doba solsticija mira »smještena prema jugu (*située au sud*)« u vidnom polju cijevi s vodom opisala u jednom danu krug s polumjerom 5", a toga B. nije kazao. Iz B-eva jasnog prikaza izlazi, da bi tolik krug izišao, tek ako je cijev paralelna osi zemaljskoj. Nikako nije vjerojatno, da bi Arago ono napisao, kada bi doista bio čitao B-evu raspravu. Bez sumnje je taj podatak našao tek u kojem referatu. On ni ne citira B-evu raspravu, premda na istom mjestu kazuje, gdje i kada je izašla radnja Wilsonova (v. kasnije). Najposlije u Aragoovim djelima čitamo: Boscovich; ako taj način pisanja ne ide na račun izdavača tih djela, onda i on upućuje, da Arago B-evu raspravu nije vidio. Lorentz se tuži, što Aragoov pokus nije nigdje opisan sa tančinama, kako bi to zavrijedila njegova važnost, i onda opisuje stvar prema jednoj Bitovoj knjizi. No Lorentz nije Aragoovu raspravu primijetio i tako mu je izmakla i ona mrva informacije, koju bi u toj raspravi našao o B-evu drugom predlogu. Uostalom Lorentz spominje, s nekoliko riječi, i Respighievu raspravu (v. V. dio), a bar tamo je jasno istaknuto, da je B. predložio i motrenje zemaljskog predmeta.

### III. dio

#### DRUGE BOŠKOVIĆEVE IZJAVE

B-eva rasprava u II. tomu *Opera* nije bila prvo, što je tiskom priopćeno o njegovu dalekozoru. Nešto je stariji izvještaj, koji o tom predmetu nalazimo u Lalandea. G. 1781. izdao je J.-J. de Lalande k drugom izdanju svog *Traité d'Astronomie* 4. tom, u kom su bili »Dodaci«. Na str. 687. tog toma, u dodatku na Art. 2810. čitamo:

<sup>8</sup> *Vitesse de la lumière; Oeuvres de François Arago*, VII, 1865, 2. izdanje, str. 548.—568.



»O. Bošković pisao mi je g. 1766., da je izmislio način, kako bi se moglo vidjeti, jeli brzina svjetlosti u zraku i u vodi različita, i to tako, da se aberacija mjeri na dva različita načina. On pomislja na istom instrumentu običan dalekozor i drugi, čiji bi tubus bio pun vode...«

Iza kratkog opisa Lalande tomu dodaje :

»Prigovorili su toj metodi, da bi zraka izašavši iz dalekozora s vodom opet izgubila višak brzine, koji je dobila pri ulazu; no na to je odgovoriti, da je smjer zvijezde već određen, kada je zraka stigla do crte unutarnjeg mikrometra; zaustavljena zraka ne izlazi više i nije važno, što zrake, koje izađu iz dalekozora, mijenjaju smjer i brzinu; zato će i priklon dalekozora ostati promijenjen. — Prema omjeru loma pri prelazu iz zraka u vodu izlazi iz Newtonove teorije, da se brzine svjetlosti u zraku i vodi odnose kao 3:4; zato dok krug aberacije zvijezde s obzirom na brzinu svjetlosti u zraku ima promjer 40", taj bi krug s obzirom na brzinu svjetlosti u vodi imao samo 30". Postojala bi dakle razlika 10" u opažanjima, koja predlaže o. Bošković.«

Bilo bi zanimljivo znati, kako Lalande izvješćuje o tom predmetu u 3. izdanju svog djela, nama nepristupnom: *Astronomie*, 3 éd., 1792., 3. Nr. 2833; citiramo prema *Enc. d. math. Wiss.* VI 2., str. 32. (F. Cohn), gdje Lalandeov stariji izvještaj nije spomenut.

U skladu s Lalandeom i B. kaže u uvodu svojih *Opera* (tom I. str. XVII.), da je ona pisma iz Milana, kojima saopćuje znanimcima ideju novog dalekozora, otposlao g. 1766., pri čemu je Beccaria dobio valjda najopsežniji izvještaj; njemu je taj predlog »potanko razvio«. G. 1912. objavljeno je<sup>9</sup> 27 pisama Lalandeovih upućenih B-u, među njima 3 iz g. 1766., jedno iz 1767. Ako je taj dio korespondencije potpuno sačuvan, onda se na B-ovo saopćenje odnosi i obuhvata ga Lalandeova izjava u pismu od 16. VI. 1766.: »Zahvaljujem Vam na zanimljivim bilješkama, koje ste mi priposlali k mojoj Astronomiji...«. Čini se, da Lalande nije odmah shvatio značenje B-eva predloga. Dne 3. IV. 1770. piše on B-u, opet iz Pariza: »Vidio sam Vaše pismo upravljeno g. de Fouchyu i pročitao sam prevod tog pisma u akademiji, baš kao i izvadak knjige o križancima [?]. Akademija mi je naložila, da Vam zahvalim na Vašoj pažnji... Da u cijevi punoj vode nastane aberacija, o kojoj govorite u pismu upravljenom g. de Fouchyu, mislim, da bi porast brzine morao nastati u vremenskom razmaku, koji je pri-

<sup>9</sup> V. Varićak, Drugi ulomak Boškovićeve korespondencije, Rad 193, str. 235., 257. (Pisma pohranjena u Dubrovniku.)

mjetljiv, dok je vrijeme, u kojemu [svjetlost] proleti 2 ili 3 stope, upravo ništa; osim toga trebalo bi da je oko u vodi, jer bi zraka izašavši iz vode i stakla, da uđe u oko, izgubila smjer, koji je dobila u vodi; recite mi, što mislite o tima dvjema mojima objekcijama.« Astronom J. P. Grandjean de Fouchy bio je stalni tajnik akademije, pa se B. eto s tom stvari obratio neposredno na akademiju, očito hotеći, da svom predlogu dade veći publicitet.

Lalandeovo saopćenje u knjizi g. 1781. B-u je dobro došlo. S njim je za vremena nesumnjivo utvrđen B-ev prioritet u toj stvari. Eto već g. 1782. iznesen je u londonskom Royal Society predlog sličan B-evu. Čini se, da je B. u Bassanu saznao za to tek početkom g. 1785. Tako bar izlazi iz njegova pisma od 11. II. 1785., u kojemu odgovara Cesarisu u Milan na dopis od 2. istog mjeseca i zahvaljuje »za obavijest o Englezu, koji je predložio u londonskom Društvu dalekozor s vodom«; B. bi htio znati, »da li dobri Englez govori i o aberaciji zemaljskih objekata«; ipak on »jamačno nije iznio svu teoriju prividnih gibanja«, kakvu je B. izradio. B. moli Cesaria, da ga o tom hitno obavijesti, jer misli da se na to osvrne u predgovoru svojih *Opera*, koji mu upravo predleži na korekturi. Već u pismu od 25. II. 1785. B. se mogao Cesarisu zahvaliti za brzu obavijest: Englez ne kazuje ništa o primjeni dalekozora s vodom na zemaljske objekte. To je B-u dosta i on žali, što se Cesaris podvrgao trudu, da izradi izvod iz Englezova članka. Kad je i taj izvod primio, B. u pismu 4. III. s najvećim čuđenjem uzima na znanje tvrdnju sadržanu u tom članku, da bi u dalekozoru s vodom aberacija bila jednaka kao i u običnom.

B-eva najavljena bilješka u predgovoru *Opera* nije izostala. Pisma, koja smo netom spomenuli kao i mnoga druga, sačuvala su se u Milanu u Osservatorio di Brera. Priredio ih je za štampu Schiaparelli i prepustio ih je našoj akademiji, koja ih je publicirala u poznatom Radu g. 1888. Ravnatelj milanskog opservatorija E. Bianchi izdao ih je g. 1938. nanovo u Milanu, u lijepo opremljenoj folio-knjizi, gdje je još jedamput štampana i Schiaparellieva radnja *Sull'attività del B. ... i B-ev Carteggio con corrispondenti diversi*<sup>10</sup>. B-ev neumorni dopisnik bio je abate Angelo de Cesaris (1749.—1832.), vodeći astronom Brere, a »Englez« zvao se Patrick Wilson, mlad astronom u Glasgowu. Njegova je rasprava čitana u Royal Society 1782. i štampana u Philosophical Transactions za

<sup>10</sup> Rad 87—88—90.

*Pubblicazioni del R. Osservatorio Astronomico di Milano-Merate*, nuova serie, N. 2. U *Indice dei nomi*, na kraju te knjige, od našega su Račkoga načinjene dvije osobe: Račhy i Račkome. Izdavač se tuži na »brojne pogreške« zagrebačkog izdanja.



istu godinu pod naslovom »Pokus, kojim bi se odredilo po aberaciji stajačica, da li zrake svjetlosti prolazeći raznim sredstvima mijenjaju brzinu u skladu sa zakonom Sir I. Newtona.«<sup>11</sup>

Bit će da je Lalandeovo pismo od 3. IV. 1770. za sada najstariji štampani dokument o B-evu dalekozoru. Iza njega kanda slijedi ono, što B. o tom predmetu kazuje u spomenici, koju je preko grofa Firmiana uputio u Beč g. 1772. u veljači. To je opsežan spis, kojim se B. osvrće na jedan prigovor, što ga je radu zvjezdarnice brerske stavio knez Kaunitz u pismu Firmianu<sup>12</sup>.

U al. 31. tog spisa B. spominje projekt dalekozora s vodom; trebalo bi sagraditi sektor znatne veličine i t. d. B. bio je stvar razložio pariskoj akademiji u dva duga pisma: u jednom opisuje novi dalekozor, u drugom njegovu upotrebu; iz svojih sredstava B. ne bi mogao namiriti još i te troškove, bar ne u cijelosti. U al. 71. B. kaže, da bi sektor imao dužinu od desetak stopa. Najposlije u 95. al. ističe, koliko mu je stalo, da se taj predlog ostvari, i da bi tome trebala potpora, koja ne bi bila baš malena.

Schiaparelli nas izvješćuje, da je vlada u načelu odobrila izvedbu takvog sektora već g. 1772. Veliki stup u osmerokutnoj dvorani zvjezdarnice baš je i bio određen po B-u, da nosi onaj zenitni sektor. »No slijedeće godine — kaže Schiaparelli — čuveni matematičar o. Frisi, upitan po samoj vladi, iznio je dosta nepovoljno mnijenje o konstrukciji tog aparata. Frisi je pristao uz B-ove razloge i očekivao je isti rezultat; no na tom je osnovu zaključio, da ne postoji potreba konstruirati sektor, i izjavio je, da bi »tubus s vodom tek mogao poslužiti, da utvrdi jedno načelo dioptrike, koje je već dovoljno utvrđeno drugim putovima«. . . . Pridružile su se druge oprečnosti i tako B-ev sektor nije nikada izveden.«<sup>13</sup>

Jamačno se tiče predmeta i rasprava, o kojoj govori Lalande u pismu od 27. IV. 1772. Glasoviti pariski astronom sa zahvalom javlja, da će B-ev *nouveau mémoire sur l'aberration* predati akademiji. Ipak mu svjetuje, da bi stvar štampao u Italiji ili Njemačkoj. (Akademijini svesci *des savants étrangers* sporo su se štampali; v. pismo od 3. IV. 1770.)<sup>14</sup>

<sup>11</sup> *An experiment proposed for determining by the aberration of the fixed stars, whether the rays of light, in pervading different media, change their velocity according to the law of Sir I. Newton.* Ta nam rasprava nije pristupna.

<sup>12</sup> B-ev izvještaj pohranjen je u Beču, a priopćio ga je V. Varičak g. 1929.; Rad 236., str. 139.—179.; v. također Rad 234., str. 135.

<sup>13</sup> Paolo Frisi, barnabit, 1728.—1784. O njemu i njegovoj kritičnosti nalazimo temperamentne izjave u B-evim pismima. Rad 87—88—90, str. 325., 354., 363., 375., 381., 385.

B-eva pisma iz Bassana, koja se čuvaju u Milanu, još se i na mnogim drugim mjestima osvrću na novi dalekozor. »Ima li nade — piše B. 19. VIII. 1784. — da će se tamo načiniti dalekozor s vodom?«; milanski astronomi »mogli su biti prvi, a možda to još i mogu biti«, koji će taj zanimljivi predmet riješiti; nitko osim njih nema B-evu raspravu i ne poznaje potpunu teoriju novog instrumenta. Čini se, da je adresat pisma, Cesaris, na to vrlo povoljno odgovorio, jer mu se B. već za mjesec dana, 24. IX., zahvaljuje, što mu je dao nadu, »da će naskoro čuti o uspjehu dalekozora s vodom«; u svezi s time B. daje mnoge savjete, na pr. s obzirom na izvor svjetlosti (radi se dakako o novijem predlogu); hodnici Brere dosta su dugi za taj pokus; ako ne bi izašao nikakav efekt, značilo bi to, da je brzina svjetlosti u vodi jednaka kao i u zraku; uostalom poželjno bi bilo, da se izvede i pokus sa dva dalekozora. U pismima 5. i 12. XI. 1784. B. pobija jednu Cesarisovu sumnju: ako se s vrha jarbola lađe baci neko tijelo prema dolje, s većom ili manjom početnom brzinom, ono će svaki puta pasti uz podnožje jarbola; zar ne će isto tako biti bez utjecaja razlike brzina svjetlosti u tubusu, pa onda ne bi bilo B-eva efekta? Poslije nekoliko mjeseci, 7. V. 1785. B. se vraća na to; istom zgodom preporučuje, da bi se za punjenje tubusa upotrebile dvije cijevi, jedna odmah iznad staklene ploče, druga tik ispod objektiva; prva bi išla uporedo s tubusom do iznad objektiva i kroz nju bi se voda ulijevala. Čini se, da su u Breri odustali od toga, da primijene konkavkonveksno staklo (na koje je B. i u pismima upozorivao), jer u pismu od 20. V. 1785. B. govori o dva ravna stakla i ističe, da ih treba dobro paralelno smjestiti; stup vode imao bi se dakle i na strani objektiva zatvoriti staklenom pločom. Pun nade B. izjavljuje, kako će sve to raspraviti usmeno, kada stigne u Milan, i kako će opažanja zajedno izvoditi. Ta su pisma sva upravljena Cesarisu osim jednog, čiji je naslovnik bio abate Reggio, jer je Cesaris bio na dopustu.

Nakon putovanja, koje se otešlo kroz nekoliko mjeseci, B. je stramputicom u listopadu 1785. stigao u Milan. Šta je »u prijestolnici Insubrije« izvršeno pogledom na B-ev pokus, Schiaparelli nam ne kazuje.<sup>15</sup> Dani do nastupa teške bolesti bili su B-u odbrojeni.

<sup>14</sup> Rad 193., str. 275. i 257.

<sup>15</sup> Samo stilističko značenje možemo pripisati tvrdnji, da je B. sa svojim dalekozorom u Milanu »načinio mnoge lijepe i neobične pokuse« (*cannochiale del acqua, col quale aveva fatte molte belle e curiose esperienze a Milano*); A. Fabroni, *Elogi di uomini illustri*, II, 1789., str. 68.; B-u su u tom djelu posvećene 72 strane.



## BOŠKOVIČEV DALEKOZOR I OPTIČKE TEORIJE

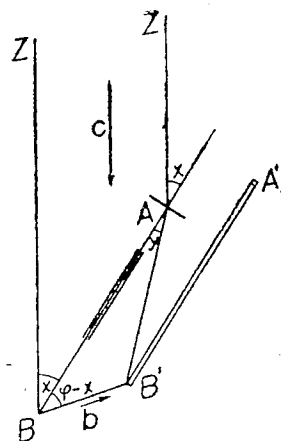
Kako smo već čuli, prema Wilsonu iz teorije emisije slijedi, da će dalekozor s vodom pokazivati jednaku Bradleyevu aberaciju kao i obični. Tomu se mišljenju pridružio Arago (l. c.), koji primjećuje, da je B. zaboravio na lom, a i Fresnel (l. c.), koji stvar prikazuje na specijalnom slučaju i s približnošću. Općenije ćemo ovako zaključivati.

Najprije za Bradleyevu aberaciju. Smjer gibanja Zemlje neka čini sa smjerom prema zvijezdi Z kut  $\varphi$  (sl. 6.);  $x$  neka je aberacija, t. j. kut, što ga čini os cijevi ili dalekozora BA sa smjerom prema zvijezdi, kada čestica svjetlosti putuje duž osi. Kako je staklena ploča, koja odozgo zatvara vodu u cijevi, okomita na osi,  $x$  je također kut, pod kojim čestica svjetlosti kod A ulazi u staklo i u vodu. Ako je indeks loma vode  $n$ , kut loma  $y$ , bit će  $\sin y = (\sin x)/n$ . Načinimo trokut  $ABB'$ , kojemu su stranice os cijevi AB lomljena zraka  $AB'$  i put središta donje staklene ploče  $BB'$ . 1. i 3. stranica zatvaraju kut  $\varphi - x$ , te je  $\sin y : \sin(\varphi - x) = BB' : AB'$ . Stavimo brzinu Zemlje  $b$ , brzinu svjetlosti u praznom  $c$ , dakle, prema Newtonu, u vodi  $nc$ . Budući da središte donje ploče i čestica svjetlosti stignu u  $B'$  u isti čas, bit će  $BB' : AB' = b : nc$ . Ako još u razmjer umjesto  $y$  uvedemo  $x$ , dobivamo

$(\sin x)/n : \sin(\varphi - x) = b : nc$  ili  $\sin x : \sin(\varphi - x) = b : c$ . Kako je indeks loma ovdje ispao, aberacija  $x$  izlazi jednaka, kojagod se tekućina nalazila u cijevi. Lomom se put čestice na prelazu u vodu svine ususret točki B baš, toliko, da točka stigne česticu, premda čestica put kroz cijev prevali u kraćem vremenu. To izlazi iz Newtonove teorije, a najposlije su i opažanja potvrdila, da je aberacija u B-evu dalekozoru jednaka kao i u običnom.

Dodajmo: kako je  $b$  maleno spram  $c$ , dobivamo približno  $x = b (\sin \varphi)/c$ .

Za aberaciju zemaljske svjetlosti, t. zv. geodetsku aberaciju, B. je objasnio, da obični dalekozor nju ne pokazuje. Ali B. je tvrdio, da u dalekozoru s vodom ipak nastaje geodetska aberacija.



Sl. 6. — Aberacija  $x$  zvijezde Z u B-evu dalekozoru BA

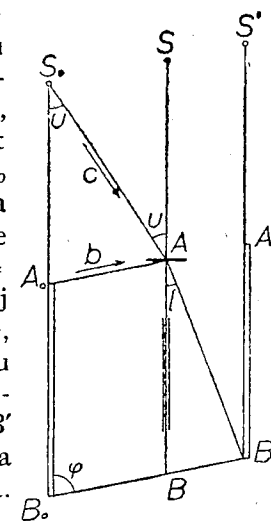
Međutim lako se pokazuje, da — uz Newtonovu hipotezu — nema ni onda aberacije. Neka je os cijevi s vodom BA upravljena prema zemaljskoj svjetloj točki S (sl. 7.). Kada čestica svjetlosti, koja će proći kroz cijev, pođe iz svjetle točke, svjetlo je u  $S_0$ , cijev u  $B_0A_0$ . Kada čestica stigne do cijevi, svjetlo je u S; a kada stigne do okulara  $B'$ , ono je u  $S'$ . Neka je kut upadanja  $u$ , kut loma  $l$ ,  $\sin l = (\sin u)/n$ . Iz trokuta  $A_0AS_0$  slijedi  $\sin u : \sin \varphi = b : c$ . Lomljena zraka i put središta okulara presijecaju se u  $B'$ , te je  $BB' : AB' = \sin l : \sin \varphi = (\sin u)/n : \sin \varphi = b : nc$ . Kako je  $nc$  prema Newtonovoj teoriji brzina svjetlosti u vodi, izlazi dakle, da je put  $BB'$  prevaljen u isto vrijeme, u kojemu svjetlost prevali  $AB'$ . Središte okulara i čestica svjetlosti sastaju se dakle u  $B'$  i cijev s vodom BA propušta česticu, premda je orijentirana kao onda, kada je bila prazna.

Nema sumnje: da je B. u zdravlju poživio još koje vrijeme, morao bi bio upoznati važnost loma i morao bi bio preinaciti plan svojih pokusa. I da su još za života njegova izvršeni pokusi s novim dalekozorom, B. bi bio onda iz njih zaključio, da je brzina svjetlosti u vodi veća nego: u zraku i da je Newtonova teorija ona prava, a ne Huygensova.

Ovdje nam se nameću dvije primjedbe. Opažanja, koja je B. predložio, imala bi pokazati već u kratkom vremenu, da Zemlja leti kroz svemir brzinom, koja je 0.0001 brzine svjetlosti. To bi bila njezina apsolutna brzina. Zanimljivo je, da B. nije uočio mogućnost, da naš sunčani sustav leti među stajačicama i da je prema tome gibanje Zemlje zamršenije.

Druga je primjedba, da je svjetlost prema Newtonu mehanički pojav, a za te pojave — opet po Newtonu — vrijedi teorem relativnosti. Zato i B. kaže u Dodacima k Stayevu novijem epu: »kada bi se i nama i onim tjelesima nametnula jednaka i paralelna gibanja u kojigod smjer, sva bi relativna gibanja ostala sasvim jednaka, prema samim priznatim načelima mehanike«<sup>16</sup>. Prema

<sup>16</sup> Stay, *Philosophiae recentioris versibus traditae libri X*, tomus I. 1755, Supplem., al. 69.



Sl. 7. — Geodetska aberacija ( $= 0$ ) BA B-ev dalekozor, S svjetla točka na Zemlji (Teorija emisije)

tomu mogao bi bio B. zaključiti: budući da apsolutno mirujuća dalekozor s vodom ne bi pokazivao zemaljski predmet s aberacijom, ne će nastati aberacija ni pri gibanju. B. taj nesklad svog zaključivanja s učenjem Newtonove mehanike nije opazio.

Drugo izlazi u teoriji undulacije. Mislimo staru, elastičnu, teoriju. Ovdje pomisli, koje se prve nameću, doista upućuju na aberaciju, kakvu je B. zamišljao. Sve stoji do toga, kako se vlada nosilac valova svjetlosti, hipotetički eter. Moglo bi se misliti, da on osim unduliranja izvodi još i progresivno gibanje, te da Zemlja povlači sa sobom s v eter, koji se u njoj nalazi. Gibanje bismo, onda pripisivali i eteru u blizini Zemlje. U tom bi slučaju eter odnosio sa sobom valove svjetlosti, te bi pojavi svjetlosti bili onakvi, kakvi bi bili, da Zemlja apsolutno miruje. Ne bi bilo geodetske aberacije, a činilo se, da se ne bi dala rastumačiti ni Bradleyeva. Na to je upozorio Fresnel (l. c.). To nas upućuje na drugu krajnost, na pomisao, da eter nikako ne prati gibanja obične tvari. To je hipoteza Th. Younga (1773.—1829.). Kako ćemo čuti, do neke mjere prihvaća je i Fresnel (1788.—1827.), koji drži, da je ona u skladu »s mišljenjem najvećih fizičara o skrajnjoj poroznosti tjelesa«. No nitko nije zamišljao tjelesa poroznijima negoli B. i vrlo je vjerojatno, da bi i on bio prigrlio mišljenje, da eter osim titranja ne izvodi nikakvih drugih gibanja.

Uz tu hipotezu izlazi, da je geometrijska strana u tumačenju Bradleyeve aberacije u teoriji undulacije ista kao i u teoriji emisije. I lako se može pokazati, da Bradleyevu aberaciju dalekozora s vodom možemo izračunati, ako sin  $\varphi \cdot b/c$  množimo sa  $n^2 = 16/9$ , i da bi aberaciju zemaljskog svijetla, koje je u osi dalekozora, dobili, kada bi množili sa  $n - 1/n = 7/12$ . Pri tom je dakako uzet u obzir lom svjetlosti. (Bez toga bi se množilo sa  $n = 4/3$ <sup>17</sup> dot.  $n - 1 = 1/3$ , dok je B., u teoriji emisije, množio sa  $1/n = 3/4$  dot.  $1 - 1/n = 1/4$ .) Geodetska aberacija imala bi protivan smjer negoli po B-u u teoriji emisije. Sve u svemu očekivali bismo, da će se B-eva lijepa analiza geodetske aberacije moći primijeniti u teoriji undulacije.

S obzirom na to, da je B-ev pokus izveden također s kolimatorom, osvrnut ćemo se još i na slijedeći primjer. U produženju dalekozora neka je učvršćen kolimator, tako da im je os zajed-

<sup>17</sup> Tako računa Silberstein (l. c. str. 39.), unatoč Fresnelovoj kritici. — Zanimljivo je, u istom području optike, da je A. A. Michelson, g. 1881., opisujući pokuse, kojima je mislio pokazati gibanje Zemlje u eteru, izračunao učinak, koji se imao očekivati, 2 puta veći, nego što izlazi valjanim računom. Premda je pogreška, može se reći, bila na dlanu, ipak je na nju upozorio tek Lorentz g. 1887., u citiranoj raspravi.

nička i da se giblje sa Zemljom okomito na tu os. Kolimator neka je pun tekućine s indeksom loma  $n$ , a u dalekozoru tekućina s indeksom  $N$  ispunjava prostor između objektivna i nitnog križa; dužina tog stupa tekućine neka je  $L$ . Od »mire«, svijetle točke u dnu kolimatora, svjetlost ide kroz njegovu leću, ulazi u dalekozor i stvara u žarišnoj ravnini sliku mire, koja bi bila, ako eter miruje, od osi udaljena za  $u = L \cdot \frac{b}{c} \left( \frac{n^2}{N} - N \right)$ , gdje je  $u$  pozitivno, kada u gibanju slika ide ispred osi.

Dokaz: Svijetla točka  $S$  neka je u žarištu leće kolimatora. Budući da je brzina svjetlosti u kolimatoru  $c:n$ , zraka, koja putuje duž osi kolimatora, udara u leću pod kutom upadanja  $b:(c:n)$ . Ona izlazi iz leće u zrak pod kutom loma  $b:c \cdot n^2$ . S njom paralelno izlaze i sve druge zrake, koje su došle iz  $S$ . Ona od njih, koja pogađa sredinu objektivna, ulazi u tekućinu dalekozora pod kutom loma  $b:c \cdot n^2:N$ . Slika točke  $S$  nastaje dakle u udaljenosti  $L \cdot b:c \cdot n^2:N$  od mjesta, gdje se žarište objektivna nalazilo, kad je zraka unišla u dalekozor. Kako zraka putuje od objektivna do njegove žarišne ravnine kroz vrijeme  $L:(c:N)$ , žarište se u tom vremenu pomakne za  $L \cdot b:c \cdot N$ . Odbijanjem izlazi tražena formula.

Razmotrimo tu formulu. Ona ne sadržaje dužinu kolimatora. To je razumljivo, jer zraka, koja putuje duž osi kolimatora, jednako će se prikloniti izašavši iz njegove leće, kolikogod bio kolimator dug. Ako je u kolimatoru tekućina, koja i u dalekozoru, izlazi  $u = 0$ . Ako je tekućina s indeksom loma  $n$  u kolimatoru, pomak je  $u$  veći  $-n$  puta, negoli ako je ta tekućina u dalekozoru, te je smjer pomaka u oba slučaja protivan. — Aberacija  $w$  jest  $= u:L$  radijana i budući da je  $b/c = 0.0001$  radijana  $= 20.5''$ , izlazi

$$w = 20.5'' \cdot \left( \frac{n^2}{N} - N \right).$$

Tako bi bilo prema jednostavnom, prvotnom, shvaćanju nauke o valovima. Međutim Fresnel na spomenutom mjestu obara B-eva predviđanja i sa gledišta teorije undulacije.

No dok ta predviđanja teorijom emisije nisu bila dobro obrazložena, u teoriji undulacije mogla su se ona pobijati tek jednom umjetnom, upravo nategnutom hipotezom. Po Fresnelu eter je u običnoj tvari zgusnut. Onoliko tog etera, koliko je više negoli u praznom prostoru, ima istu brzinu  $b$ , koliku i tijelo, dok preostali dio etera u tijelu nikako ne prati gibanje tijela, te mu je apsolutna brzina  $= 0$ . Važna je srednja brzina jednog i drugog dijela etera u tijelu; ona je »brzina povlačenja etera«, a bi-



lježimo je  $kb$ , gdje je »koeficijent povlačenja«  $k = 1 - 1/n^2$ . Prema tome tvar donekle vuče sa sobom eter i s time i njegove valove.<sup>18</sup>

Te Fresnelove hipoteze jezgra su njegova pisma Arago. Povlačenjem etera Fresnel tumači, zašto su Aragoovi pokusi s prizmom urodili onim neočekivanim rezultatom. I onda, kao u dodatku, u istom se pismu dokazuje, da poradi povlačenja etera ni B-ev dalekozor ne smije pokazivati drugu aberaciju negoli obični. Fresnel razmatra primjer zemaljske svjetlosti i to specijalno. Njegovo zaključivanje isto se tako lako može provesti u obrnutom smjeru, pa ćemo eto pokazati: ako s B-evim dalekozorom izlazi Bradleyeva aberacija jednako velika kao i s običnim, onda tvar povlači sa sobom valove svjetlosti onoliko, koliko pokazuje Fresnelov koeficijent.

Upravimo dakle dalekozor s vodom  $BA$  (sl. 8.) prema zvijezdi  $Z$  u takav smjer, u koji bi trebalo staviti obični dalekozor. No u običnom dalekozoru zraka, koja udari u sredinu objektiva, ulazi u tubus nelomljena i pogađa  $BB'$ , put žarišta, u točki  $M$ .

Da nema povlačenja etera, u vodi bi zraka pogađala  $BB'$  bliže točki  $B$ , u  $C$ , te bi bilo  $BC : BM = 1 : n$ . Kako je  $BM : AM = b : c$ , izlazi otuda

$$BC : AM = b : cn.$$

Među tim voda povlači svoj eter u smjeru  $BB'$ . Poradi toga je zraka pomaknuta (u smjeru šrafa). Ona treba da stigne do točke  $B'$  u isti čas kada i žarište. Budući da eter, žarište i svjetlost imaju brzine  $bk$ ,  $b$  i  $c : n$ , bit će

$$CB' : AB' = bk : (c : n) = bkn : c$$

$$BB' : AB' = b : (c : n) = bn : c.$$

Kako je  $AB'$  približno jednako  $AM$ , iz  $BC + CB' = BB'$  slijedi  $1 : n + kn = n$  ili  $k = 1 - 1/n^2$ .

Pod kraj spomenutog pisma Fresnel izjavljuje, da je uvjeren, da bi pokus s B-evim dalekozorom, kada bi se izveo, potvrdio »konsekvenciju, koja se iz-

Sl. 8. — Aberacija x zvijezde  $Z$  u B-evu dalekozoru (Fresnelova teorija).  $AC$  lomljena zraka, kad bi eter mirovao;  $AB'$  lomljena zraka s eterom pomaknuta.

<sup>18</sup> Znatno jednostavnije shvaća veličinu  $k$  Stokes (g. 1846.). Jednadžba za  $k$  njemu je jednadžba kontinuiteta etera, koji ulazi u tijelo na prednjoj strani, a izlazi na stražnjoj, kada se tijelo giblje. G. G. Stokes, *Math. and Phys. Papers*, I, str. 141.

vodi iz teorije emisije, baš tako kao i iz teorije undulacije«. Potonja izjava bit će da ipak ide predaleko. Dedukcija koeficijenta povlačenja bila je u više obzira hipotetična i veličina koeficijenta protuslovna, budući da izlazi za svaku boju druga, dok je sam koeficijent po definiciji konstantan. Primjena koeficijenta na Aragoov pokus zamršenija je negoli kod B-eva dalekozora, pa se jedva može sumnjati, da je Fresnel iz svoje slutnje i pretpostave o rezultatu B-evih pokusa zaključio, da tjelesa povlače sa sobom dio svog etera, i našao, kolik je koeficijent tog povlačenja. I vjerojatno je tek tako dobivenoj vrijednosti te veličine prilagodio njezin teoretski izvod. To neka je spomenuto s dužnim poštovanjem prema zaslužnosti, upravo genijalnosti Fresnelove koncepcije. Ona je decenijama u optici nadomještala funkciju teorije relativnosti, ali B-evih očekivanja nije pobila uvjerljivo. To je učinilo tek iskustvo.

Slično shvaća postanak koeficijenta povlačenja W. Veltmann u raspravi, nekoć mnogo citiranoj (Veltmannov teorem!), »O širenju svjetlosti u sredstvima, koja se giblju«<sup>19</sup>. S tim je također u skladu, što retrospektivno kazuje A. Wangerin (1907.): »U drugu ruku iskustvo, da je u dalekozoru s vodom aberacija jednaka kao u dalekozoru sa zrakom, silni nas, da pretpostavimo, da eter... nije sasvim nepomičan u prostoru, već da djelomično učestvuje u gibanju Zemlje«.<sup>20</sup>

U svezi s time spomenimo jedan anakronizam (na odličnom mjestu literature), koji oduzmlje zaslugu Boškoviću i Arago. Drude<sup>21</sup> kaže: »Taj je rezultat  $[1 - 1/n^2]$  izveo već Fresnel iz jednog Fizeauova pokusa, u kojemu se mjerila brzina svjetlosti u struji vode.« Kad je Fresnel umro, bilo je Fizeauu 9 godina! Fizeau je opisao onaj glasoviti pokus g. 1851.

Još treba reći, da su Fresnelov faktor i po Fresnelu očekivani rezultat B-eva pokusa povezani samo s približnošću, t. j. jedno iz drugog izlazi, ako se u računu izostave članovi, koji sadržavaju  $b/c$  u drugom ili višem stupnju. Pa i uz to ograničenje treba Fresnelovu koeficijentu dodati član, koji dolazi od Dopplerova pojava (H. A. Lorentz 1895., teorija; P. Zeeman 1914., mjerenja).

<sup>19</sup> *Über die Fortpflanzung des Lichtes in bewegten Medien*, Pogg. Ann. 150., g. 1873. Na str. čitamo: *auf die er [Fresnel] wahrscheinlich durch die Behandlung irgend eines einfachen Falles, etwa des Versuchs von Boscovich geführt worden war.*

<sup>20</sup> *Optik. Ältere Theorie*. Encykl. d. math. Wiss. V 3, str. 38.

<sup>21</sup> *Lehrbuch der Optik*, 1900., str. 427.; isto tako 2. izdanje (posthumno) 1906., str. 452.; i 3. izd. (E. Gehrcke) 1912., str. 454.

Ponovimo: da B-ev dalekozor pokazuje jednaku aberaciju kao i obični, toga nam nije dokazala Fresnelova teorija. Drugo, u protimbi s B-em Fresnel je naslutio relativistički rezultat, dok bi nam rezultat, kakav je B. očekivao, otkrio apsolutno gibanje Zemlje.

Fresnel — kako rekosmo — nije vidio načina, kako bi se tumačila Bradleyeva aberacija, ako se pretpostavi, da eter na Zemlji miruje s obzirom na Zemlju. Ipak je tu hipotezu preuzeo Stokes (g. 1845.)<sup>22</sup> i iz nje deducirao valjanu vrijednost Bradleyeve aberacije uvodeći još i drugu hipotezu: da se eter izvan Zemlje, gonjen njezinim gibanjem, giblje irrotacionalno. Poradi toga val se svjetlosti zvijezde na domaku Zemlje postepeno nagiblje, te je aberacija njegova već dovršena, kada stigne u eter, koji na Zemlji relativno miruje. No zamislimo dalekozor i u njemu i oko njega eter, relativno miran, i val svjetlosti tik pred dalekozorom. Na osnovu klasičnog teorema relativnosti izlazi, da nikojim pokusom ne bismo mogli otkriti apsolutnu translaciju tog dinamičkog sustava, dakle ni primjenom B-eva dalekozora. On prema tomu pokazuje zvijezdu ili zemaljsko svjetlo na istom mjestu kao i obični.

Poznato je, da obje spomenute Stokesove hipoteze — naprosto uzete — jedna drugoj protuslove. Sam Stokes nekako ih je uskladio (1846.), mnogo kasnije M. Planck na drugi način<sup>23</sup>. — Stokes ističe kao zanimljivu činjenicu, da i njegova teorija i Fresnelova tumače pojave, premda su bitno različite. Na to treba dodati, da bi aberacije u oba dalekozora bile jednake prema Stokesovoj teoriji točno, prema Fresnelovoj približno.

Toliko o starijim teorijama undulacije. Elektromagnetska predrelativistička deducira Fresnelov koeficijent, koji nije drugo negoli koeficijent povlačenja valova, te je na pr. u kalcitu za redovitu i izvanrednu zraku različit.

Da se ispita utjecaj gibanja Zemlje, razmatrali su — prije dolaska relativistike — pojave svjetlosti u apsolutnom prostoru, razlikujući ih od pojava, koje očekujemo u kojegod drugom koordinatnom sustavu, koji se giblje jednolikom apsolutnom translacijom. Osnovni zakoni optike pri tom vrijede za apsolutne zrake. Koliko vrijede i za relativne zrake, za zrake s obzirom na Zemlju, trebalo je tek dokazati. Naprotiv toga relativistika ne

<sup>22</sup> Stokes, *Papers I*, str. 134.

<sup>23</sup> Stokes, *Papers I*, str. 153. Lorentz, *Abh. I*, str. 454.; *The Theory of Electrons*, 1909., str. 173.

priznaje, da bi nekakav apsolutni koordinatni sustav imao prednost; postoje bezbrojni koordinatni sustavi, koji se jedan prema drugom giblju jednolikom translacijom i za svaki vrijede osnovni zakoni optike jednako, ako vrijede za jedan od njih. To su inercijalni<sup>24</sup> sustavi relativistike. U takvom sustavu brzina je svjetlosti u svima smjerovima jednaka (Einstein). Koordinatni sustav, koji miruje na Zemlji, s velikom je približnošću inercijalan<sup>25</sup> i poradi toga rješenje problema B-eva dalekozora nadaje se samo sobom. Zamislimo cijev zatvorenu sa dvije planparalelne staklene ploče, koje su okomite na os cijevi. Upravimo cijev prema svjetlu tako, da zrake idu kroz cijev paralelno s osi. Kut je upadanja tih zraka onda = 0. (Prije se u takvim zaključivanjima reklo: relativni kut upadanja.) Ne dirajući smještaj cijevi zamijenimo sada zrak u cijevi vodom. Kako je kut upadanja ostao = 0, bit će kut loma, prema zakonu loma, = 0, dakle aberacija ista kao prije. Prema tome, kako Laue kaže, »osobitost instrumenta . . ., na pr. je li u dalekozoru zrak ili voda, ne igra nikakvu ulogu«<sup>26</sup>.

Relativistička je formula za Bradleyevu aberaciju  $x$

$$\operatorname{tg}(\varphi - x) = \frac{\sin \varphi \cdot \sqrt{1 - b^2/c^2}}{\cos \varphi + b/c}$$

Kako je  $b/c$  maleno, ona je u skladu s klasičnom formulom  $x = \sin \varphi \cdot b/c$ , ako zanemarimo članove, koji sadržavaju  $b/c$  u drugoj ili višoj potenciji. Do relativističke se formule dolazi, ako jednadžbu ravnog vala svjetlosti uzetu s obzirom na koordinatni sustav dalekozora Lorentzovom transformacijom prevedemo u koordinatni sustav zvijezda. — U svezi s time spomenimo i ovaj slučaj. Svjetlost neka se širi, brzinom  $c/n$ , u tijelu, koje se na Zemlji giblje jednolikom translacijom. Priklon zrake spram smjera translacije zovimo u koordinatnom sustavu tijela  $\varphi$ , u koordinatnom sustavu Zemlje  $\varphi - x$ . Za te priklone izlazi, da u obje jednadžbe, koje su netom napisane, treba posljednji znak,  $c$ , nadomjestiti sa  $cn$ . Računski je to u skladu s rezultatom, koji je B. očekivao, i možda s time u svezi izjavljuje Castelnuovo:

<sup>24</sup> Ludwig Lange prozvao je g. 1885. inercijalnim onakav koordinatni sustav, u kojemu se slobodno tijelo giblje jednoliko u pravcu.

<sup>25</sup> A. A. Michelson i H. G. Gale optičkim su pokusom g. 1925. pokazali vrtnju Zemlje. Pri tumačenju toga pokusa ne možemo Zemlju shvatiti kao inercijalan sustav.

<sup>26</sup> M. v. Laue, *Das Relativitätssprinzip*, 2. izdanje, 1913., str. 103. i 158. W. Pauli jr., *Relativitätstheorie*, u *Enc. d. math. Wiss.* V 2, 1920., str. 671.



»predviđanje B-eva verificiralo bi se samo onda, kada bi dalekozor mogao s objektivom doseći do zvijezde«<sup>27</sup>. Ne znam, kako da se ta misao razvije u potankostima. Kad bi ona bila opravdana, slijedio bi — držim — čudan zaključak, da slično možemo reći o zemaljskom svijetlu, a to je objektivu dostižno. Međutim onaj rezultat relativistike znači tek to, da nam se jedan te isti komad zrake pričinja u jednom koordinatnom sustavu za  $x$  više priklonjen prema smjeru relativnog gibanja negoli u drugom sustavu; naprotiv pri tumačenju aberacije pomišljamo dva komada iste zrake, jedan uzet u koordinatnom sustavu zvijezda, drugi u koordinatnom sustavu dalekozora.

Spomenimo konačno još i ovo. Stokes kaže<sup>28</sup>, da je prema Fresnelovoj teoriji »dakako« (*of course*) svejedno, određujemo li aberaciju jednim ili drugim dalekozorom. Da ta tvrdnja ne bi sadržavala *circulus*, treba smetnuti s uma, da je osnov Fresnelove teorije, koeficijent povlačenja, jamačno nastao iz zahtjeva, da se protumači B-ev pokus. Pomišljamo dakle, da je Fresnelov faktor čisto teoretska tvorevina, s pomoću koje se dokazuje, da u newtonskom inercijalnom sustavu, kakav je Zemlja, vrijedi obični zakon loma. Zaključak o B-evim pokusima onda »dakako« slijedi kao i u relativistici.

## V. dio

### OSTVARENJA BOŠKOVIĆEVIH PREDLOGA

Lorenzo **Respighi**, profesor astronomije u Bo'ogni (kasnije u Rimu), bio je prvi, koji je izveo B-ev pokus (*l'esperienza del Boscovich*). O tom je izvijestio u bolonjskoj akademiji 11. travnja 1861. U svojoj raspravi<sup>29</sup>, poput Fresnela i Respighi ispravlja B-a. Pri tom razmatra cijev s vodom, koja je umjesto objektivom zatvorena tankom staklenom kalotom, tako da je cijev kao neki dalekozor, kojemu je objektiv zakrivljena površina vode. S obzirom na eksperimentalne teškoće Respighi se naskoro odlučio za B-ev noviji predlog. Međutim i taj mu se činio teško izvedivim na B-ev način, pa ga je preinačio uvodeći dvije bitno nove misli. Prva je bila, da je primijenio kolimator, »slično onima, kakvi se

<sup>27</sup> G. Castelnuovo, *Il principio di relatività e i fenomeni ottici*. Scienza, IX, g. 1911.

<sup>28</sup> Stokes, *Papers* I, str. 146.

<sup>29</sup> *Intorno l'influenza del moto dei mezzi rifrangenti sulla direzione dei raggi luminosi*. Memorie Accad. Bologna, 1862., str. 279.—304.

upotrebljavaju za rektificiranje meridijanskih instrumenata«<sup>30</sup>. Kolimator i dalekozor stavljaju se sučelice, te su im objektiv okrenuti jedan prema drugomu i njihove osi čine jedan pravac. Od svijetle točke u dnu kolimatora ide svjetlost kroz objektiv kolimatora i ulazi u dalekozor. Druga je novost Respighieva pokusa u tom, da je vodu umjesto u dalekozor stavio u kolimator. Prema našoj formuli u IV. dijelu izlazi, da bi se aberacija s tim povećala  $\frac{4}{3}$  puta i dobila obrnut smjer<sup>31</sup>. Očita je prednost, da u tom slučaju voda mikrometru ne smeta.

Respighi se poslužio dalekozorom meridijanskog kruga bolonjske zvjezdarnice. Kako se ispod tog instrumenta nalazio vertikalni prostor dubok 20 metara, Respighi je stavio kolimator ispod meridijanskog kruga, 8 m duboko, i dalekozor je upravio prema nadiru. Time se uklonila nesigurnost, koja inače nastaje zbog pregiba tubusa dalekozora.

Za kolimator uzeo se objektiv širine 62 mm. Taj je hermetički zatvarao vertikalnu cijev na njezinu donjem kraju, i to tako, da je prednja strana objektivna bila okrenuta prema gore. Cijev se nalazila povrh metar visoke posude s destiliranom vodom i mogla se pomicati u vertikali, nagibat i dobro učvrstiti. Cijev se potisnula u vodu, toliko da se u dalekozoru oštro vidjela sredina dna posude; pri tom je dakako gornja strana spomenutog objektivna ostala suha.

Teže je bilo stvoriti u dnu svijetlu točku. Pokus sa živinim kapljicama, koje su bile odozgo sa strane rasvijetljene, nije uspio. Najposlije je za dno posude uzeta debela staklena ploča, sa sićušnim mjehurićima u staklu, i 10 m ispod posude stavljeno je svijetlo. Mjehurići su od tog svijetla stvarali sasvim sitne sličice pri dnu posude, vrlo oštre, sjajne i mirne. Ponajzgodnija od njih odabrala se za motrenje aberacije. Njezinu sliku u dalekozoru trebalo je pokriti s obje niti mikrometarskog križa i onda se moglo pomicanje te svijetle točke lako i točno izmjeriti. Povećanje dalekozora bilo je 150-struko.

Razmotrimo sada, kakvu bi B-eva elipsu prema prvotnoj valnoj teoriji ta točka u jednom danu opisala. Prvo, velika os elipse bila

<sup>30</sup> Već je Lambert, u jednom pismu g. 1769., predložio umjetni signal, koji se vladu, kao da je beskrajno daleko (R. Wolf, *Hdb. d. Astronomie* I 1890., str. 392.). U astronomiju je uveden kolimator na predlog Schumacherov (vidi W. Valentiner, u njegovu *Hdb. d. Astronomie* I 1897., str. 582.).

<sup>31</sup> S time nije sasvim u skladu, što Respighi kazuje (str. 295.): *con che si invertivano gli effetti dell'aberrazione, senza alterarne la sostanza e la grandezza*.

bi okomita na meridijanu. Nadalje, budući da je  $n^2 - 1 = 7/9$ , konstanta aberacije 20·5", treba u B-evim formulama staviti  $a = 20·5" \times 7/9 = 15·9"$ . U doba solsticija bila bi velika poluos 15·9", malena 15·9" · sin  $\varphi$ , gdje je  $\varphi = 44^\circ 30'$  geografska širina Bologne. Inače izračunaju se poluosi, ako netom napisane vrijednosti množimo sa cosinusom deklinacije mjesta ekliptike, koje je 90° pred Suncem. — Da vidimo, što su pokazala opažanja! Prvi su pokusi izvedeni u lipnju 1860. i ponavljali su se svaka 3 sata. Između toga mogla se ispitati stabilnost osi dalekozora s pomoću živina horizonta, stavljena ispod dalekozora. (S nitnim križem treba da se podudara slika njegova dobivena odbijanjem na živi.) Iza stanke opažanja su se nastavila u listopadu iste godine, pa sve do solsticija, kada se moglo očekivati smanjenje smetnja od nejednakosti temperature. U tom novijem nizu opažanja, umjesto aberacije od desetak i više sekunda, pomak sličice iznosio je »1" ili 2" ili, rijetko kada, 3"«, a veličina i smjer njegov vladali su se sasvim nepravilno, očito bez ikakve sveze s vrtnjom Zemlje i njezinim letom kroz svemir.

Respighiev prikaz, koji je ovdje tek skraćeno iznesen, jasan je i uvjerljiv. Jače od tadanje teorije njegova opažanja dokazuju, da B-eva geodetska aberacija ne postoji.

Čini se, da je na zvijezde prvi upravio B-ev dalekozor Wilhelm Klinkerfues, profesor astronomije u Göttingenu. Brošura »Aberacija stajačica prema teoriji valova«, u kojoj je opisao svoja opažanja o aberaciji<sup>32</sup>, nije nam pristupna. Citirat ćemo, što o tom kazuje Airy u radnji, na koju ćemo se kasnije osvrnuti.

»Profesor Klinkerfues tvrdi, da iz teorije undulacije nužno izlazi, da iznos aberacije [u lomnom sredstvu] mora narasti, i to u skladu sa formulom, koju je izveo; i podupro je to ovim pokusom:

U dalekozor pasaznog instrumenta, čija je žarišna daljina bila nekih 18 palaca, umetnut je bio stup vode dug 8 palaca, i sadržan u cijevi, kojoj su krajevi bili zatvoreni staklenim pločama; i s tim je on instrumentom motrio prolaz Sunca i prolaze izvjesnih stajačica, koje su od sjevernog pola bile udaljene otprilike koliko i Sunce i koje su prolazile kroz meridijan blizu ponoći. U tim relativnim pozicijama razlika prividnih rektascenzija Sunca i stajačice sadržaje dvostruki koeficijent aberacije; i te astronomske prilike vanredno su pogodne, da posluže točnom ispitu teorije.

<sup>32</sup> Klinkerfues, *Aberration der Fixsterne nach der Wellentheorie*, pp. 62, Leipzig 1867.

Profesor je Klinkerfues sračunao, da će stup vode od 8 palaca i prizma [?] u unutarjosti dalekozora povećati aberaciju za 8". Mjerenje kanda je pokazalo, da se doista aberacija povećala za 7·1". Čini se, da ta mjerenja nisu ponovljena.«

G. 1869. izašao je u *Göttinger Nachrichten* Klinkerfuesov kratki sastavak<sup>33</sup> *Boscovich's Versuch*, a najposlije je Klinkerfues u raspravi »Pokusi o gibanju Zemlje i Sunca u eteru«<sup>43</sup> saopćio, da je izveo nove pokuse o aberaciji i da su takve pokuse izveli njegovi asistenti Bergen i Copeland, i priznao je, da iz tih pokusa sigurno izlazi, da je konstanta aberacije dalekozora s vodom mnoga manja, nego što je očekivao. Međutim ti pokusi — kaže Klinkerfues — ipak ne daju pravo na zaključak, da je aberacija sasvim nezavisna o instrumentu. I ostavljajući »sklisko tlo nauke o aberaciji« (*das Glatteis der Aberrationslehre*) Klinkerfues, da pokaže gibanje Zemlje, izmišlja i izvodi pokuse druge vrsti. Sa spomenutom Klinkerfuesovom izjavom otpada njegova tvrdnja, da na aberaciju utječe staklo objektiva, poradi svoje debljine. (V. o tom kod opisa Hoekovih pokusa.)

Martin Hoek, profesor astronomije u Utrechtu, izveo je pokuse o aberaciji zemaljskog izvora svjetlosti osam godina poslije Respighia<sup>35</sup>. U tim je pokusima svjetlost putovala kroz vodu u horizontalnoj cijevi, koja je na jednom kraju bila zatvorena simetričnom lećom debelom 2 mm, na drugom kraju staklenom pločom debljine 4 mm. Put svjetlosti u vodi iznosio je 2062 mm. Izvor svjetlosti bila je pukotina, skinuta sa spektroskopa; ona je stajala vertikalno, 1405 mm pred lećom, a leća je stvarala sliku pukotine tek izvan vode, 73 mm daleko od staklene ploče. Tu je bio smješten nitni mikrometar; i okretu njegovu odgovarao je pomak niti 0·32 mm. Sve je bilo učvršćeno na jakoj gredi, koja je s tri točke počivala na jednom sanduku, a taj se mogao lako zakrenuti. Opažanja su se izvodila bilo o ponoći bilo o podne, svaki puta kroz neko pola sata. Os se aparature vazda namještala u meridijan, i to tako, da je izmjenice u jednom nizu mjerenja mikrometar stajao na jugu, pukotina na sjeveru, u drugom nizu obratno.

Kako vidimo, Hoekovi pokusi nisu neposredno povezani s B-evim predlozima. Očito je, da im je izvor kod Fresnela. Dok je B. mislio na »duge hodnike Brere«, kod Hoeka je leća bliže

<sup>33</sup> »1 strana« (Poggendorff, *Handwörterbuch*).

<sup>34</sup> *Versuche über die Bewegung der Erde und Sonne im Aether*, Astron. Nachr. 76, 1870.

<sup>35</sup> M. Hoek, *Sur la difference entre les constantes de l'aberration d'après Delambre et Struve*, Astronom. Nachrichten 73, g. 1869.



svijetlu negoli njegovoj slici, te eksperimentalni uređaj naliči više sitnozoru negoli dalekozoru, u skladu sa Fresnelovom zamisli. A i to je — kako smo čuli — Fresnelov predlog, da se motrenja vrše izmjenično u dva protivna smjera. Fresnelov zahtjev, da os aparature bude okomita na ekliptiku, ne bi se bio mogao lako udovoljiti. Hoek ga dobro nadomješta, jer utjecaj bi gibanja Zemlje uz Hoekov postupak u solsticiju bio potpun, dok bi najviše bio smanjen u ekvinokciju, no i onda tek u omjeru cosinusa priklona ekliptike, koji je približno 0.9. Zanimljiva je novost Hoekova pokusa, da je pukotina rasvijetljena natrijevom svjetlošću. S time je otpala briga oko uklanjanja kromatične aberacije.

Prije nego prikazemo Hoekov rezultat, spomenuti nam je, da je Hoek svoje pokuse izveo povodom jedne tvrdnje, koju je o aberaciji iznio Klinkerfues<sup>36</sup>. Radilo se o neskladu Delambreove i Struveove vrijednosti konstante aberacije. Prvi je tu konstantu izračunao iz brzine svjetlosti, koju je odredio motrenjem pomrčina Jupiterova I. Mjeseca; a W. Struve dobio je nešto veću vrijednost mjereći aberaciju samu. Klinkerfues mislio je, da može oba rezultata dovesti u sklad tako, da razliku pripíše utjecaju leće dalekozora: kako — prema B-u — voda mijenja aberaciju, tako da je mijenja i leća, dakako vrlo malo, jer je put svjetlosti u leći kratak. Hoek je pobijao<sup>37</sup> to tumačenje, a kada je Klinkerfues na tu kritiku odgovorio,<sup>38</sup> Hoek je izveo svoje pokuse i opisao ih. Iz Hoekove radnje vidimo, da Klinkerfues izračunava geodetsku aberaciju, koju navodno stvara leća, u duhu B-evu. Premá tome očekivalo bi se, da će slika pukotine u Hoekovu pokusu zaostati iza osi aparature prema zapadu, tako da bi slika bila lijevo od osi, kada je mikrometar na jugu, a desno od osi, kada je mikrometar na sjeveru. Naprotiv, prema Fresnelu, slika bi bila nepomična.

Hoekova su opažanja izvedena između 23. IV. i 23. XII. 1868., u deset ponoći ili podneva, pet puta u travnju i svibnju, pet puta u prosincu. Svaki se puta motrilo u 6 ili 8 nizova, izmjenice prema sjeveru i prema jugu. U svakom se nizu mjerenja mikrometar namještao i čitao nekoliko puta. Rezultati priopćeni su u tablicama. Na pr. u posljednjim opažanjima, oko podneva 23. XII., izašla je srednja vrijednost čitanja mikrometra za 4 niza s mikrometrom na sjeveru 45.437 okreta, a za 4 niza s mikrometrom na jugu 45.435 okreta. Prema Klinkerfuesovoj formuli Hoek je

izračunao, da bi pri prelazu iz jednog smjera u drugi pomaku slike pukotine odgovaralo 0.75 okreta mikrometra u doba solsticija, inače manje, ali bar 0.675 okreta. Naprotiv toga mjerenja su Hoeku daća za tu srednju vrijednost 0.002 okreta s vjerojatnom pogreškom 0.011, te on najposlije izjavljuje: »možemo se dakle kladiti 1:1 [?], da je faktor, što ga je Fresnel predložio, točan na  $\frac{1}{50}$ «.

B-a Hoek nije spomenuo.

Protiv Klinkerfuesovih shvatanja ustao je također Eduard Ketteler, docent (od g. 1872. profesor) fizike u Bonnu, i to u nizu radnja, koje su izašle g. 1871./2. pod naslovom »O utjecaju astronomskih gibanja na optičke pojave«<sup>39</sup>. Tu Ketteler na jednom mjestu opisuje, kako je izveo *den Boscovich'schen Versuch* sa zemaljskom svjetlošću. Poput Respighia i Ketteler stavlja vodu u kolimator. Stup vode bio je dug 10.5 palca, a žarišna daljina objektiva dalekozora iznosila je 15 palca. Kao mira u kolimatoru služila je vertikalna nit, dok su u mikrometru dalekozora bile dvije vertikalne niti, jedna čvrsta, druga pomična. »Prividna širina tih niti iznosi 5"«. Slika kolimatorove niti tako se dovela među obje niti mikrometra, »da su između tri tamne crte ostale dvije uske svijetle«. »Rotacija aparata nije na tom rasporedu proizvela ni najmanju promjenu«. Opis istog pokusa iz g. 1885.<sup>40</sup> još je nešto kraći. Numerički podaci Kettelerovi — kako vidimo — dosta su oskudni.

Ketteler tvrdi, da bi u dalekozoru s vodom — po Klinkerfuesu — izašla aberacija  $w = 20.4'' \cdot (d:f) \cdot (n^2:1):n$ . Pri tom se uzimlje, da voda ne seže od objektiva do žarišta već samo do jedne staklene ploče;  $d$  je dužina tog stupa vode,  $f$  žarišna daljina<sup>41</sup>. Tu formulu Ketteler primjenjuje na svoj pokus, premda je sada voda u kolimatoru. On dakle stavlja  $d = 10.5$ ,  $f = 15$  i takvim računom dobiva  $2w = 15.3''$ , otprilike toliko, koliko bi valjanim računom izašlo za  $w$  samo. (V. formula za  $w$  u IV. dijelu). Za toliko — kaže Ketteler — imala bi se slika, prema Klinkerfuesu, pomaći, ako bi se aparat o podne iz smještaja sjever—jug zakrenuo za  $180^\circ$ .

<sup>39</sup> Über den Einfluss der astronomischen Bewegungen auf die optischen Erscheinungen, Pogg. Ann. 144, v. str. 370.

<sup>40</sup> Ketteler, Theoretische Optik gegründet auf das Bessel-Sellmeier'sche Princip, 1885, str. 531. Kettelerovo djelo *Astronomische Undulationstheorie*, 1873., nije mi pristupno.

<sup>41</sup> Takva općenija formula treba pri Klinkerfuesovu tumačenju Struveove vrijednosti konstante aberacije; za  $d$  se onda uzimlje srednja debljina objektiva, za  $n$  njegov srednji indeks loma.

<sup>36</sup> u prije citiranoj brošuri.

<sup>37</sup> Astr. Nachr. 70, g. 1867., stupac 193.

<sup>38</sup> ib., stupac 239.



Ketteler ne kaže datuma svog ili svojih pokusa; onaj račun vrijedio bi za solsticij. Os aparata bila je jamačno horizontalna. Kako Hoek nije spomenuo Respighia, Ketteler ne zna ni za Hoeka. Lorentz pripominje<sup>42</sup>, da su Respighi, Hoek i Ketteler izveli B-ev pokus »u istom obliku i s istim rezultatom«. S općenijeg gledišta to se može reći, ali — kako vidjesmo — postoje tu i velike razlike.

Klinkerfuesova optička istraživanja dala su mnoge pobude. Potaknut njegovom knjižicom iz g. 1867. bio je još i (Sir) George Biddell Airy (1801.—1892.), od g. 1835. do 1881. ravnatelj zvjezdarnice u Greenwichu. Klinkerfuesov rezultat, da dalekozor s vodom daje konstantu aberacije za 7.1" veću, »rezultat za fiziku vanredno važan, a poduprt velikim autoritetom profesora Klinkerfuesa zaslužuje — kaže Airy — i upravo traži, da se dalje ispita«. Dajući se na taj posao Airy je dalekozorom s vodom mjerio meridijansku zenitnu distanciju zvijezde  $\gamma$  Draconis, pa je rezultate priopćio u sjednici londonskog Royal Society 23. stud. 1871.<sup>43</sup> (Na istoj zvijezdi otkrio je aberaciju Bradley.)

Za svoje istraživanje Airy je zasnovao i dao sagraditi vertikalni dalekozor, kakvim se motre zvijezde samo blizu zenita i mjerenja se izvode samo unutarnjim mikrometrom. Cijeli se tubus, »od donje površine objektiva do jednog ravnog stakla, koje je zatvarao donji kraj tubusa«, ispunio destiliranom vodom. Dužina stupa vode bila je 35.3 palca. Objektiv sastojao je od dvije leće; Airy je izračunao bio krivosti njihovih površina i te je račune preispitao E. J. Stone (od 1870. ravnatelj zvjezdarnice u Capetownu). Dalekozor bio je smješten u malenom Prigodnom Observatoriju na tlu greenwickske zvjezdarnice; iz plana toga tla našla se geodetska širina dalekozora  $51^{\circ} 28' 35.05''$ .

$\gamma$  Drac u Greenwichu kulminira sjeverno od zenita (u malenoj zenitnoj distanciji). Oduzmemo li dakle od deklinacije te zvijezde njezinu meridijansku zenitnu distanciju, dobivamo širinu instrumenta. Pri tom treba imati na umu, da izmjerena zenitna distancija sadržaje u sebi aberaciju. Zato treba da i suptrahend, deklinacija zvijezde, sadržaje aberaciju, t. j. treba uzeti prividnu deklinaciju. No ako je u B-evu dalekozoru aberacija jednaka kao i u običnom, onda će zenitna distancija mjerena u B-evu daleko-

zoru voditi na valjanu vrijednost širine tog instrumenta. Ako to ne bi bilo, izračunana bi se širina razlikovala od prave za razliku onih aberacija.

Spomenimo prvi Airyev podatak. Na 28. II. 1871.  $\gamma$  Drac kulminirao je u dalekozoru s vodom  $85.30''$  sjeverno od zenita. U taj čas bila mu je prividna deklinacija, prema Nautical Almanac<sup>44</sup>,  $51^{\circ} 29' 59.3''$ , pa otuda odbidbom izlazi geografska širina  $51^{\circ} 28' 34.0''$ . Opažanja su izvedena u blizini ekvinoxija, njih 11 od 28. II. do 27. III. 1871., 14 od 29. VIII. do 6. X. iste godine. U jesenskom nizu prva izmjerena zenitna distancija iznosila je  $122.10''$ . Svaka takva vrijednost je sredina vrijednosti dobivenih opažanjima »u obrnutim položajima« instrumenta<sup>45</sup>. Pri tom se namještaj prema vertikali kontrolira sa dvije libele.

Zvijezda  $\gamma$  Drac ima rekstascenziju blizu  $18^h$ . Ona dakle na dan proljetnog ekvinoxija kulminira, kada Sunce izlazi. Smjer godišnjeg gibanja Zemlje leži onda u meridijanu, prema jugu; sa Airyevim je dalekozorom brzina Zemlje tada činila kut otprilike  $75^{\circ}$ , te je aberacija bila velika. Slično vrijedi, mutatis mutandis, u jesenskom roku. Korekcija radi aberacije, prihvaćena u Nautical Almanacu, rasla je prigodom proljetnih opažanja od  $-18.71''$  do  $-19.54''$ , a u jesen od  $+18.25''$  do  $+19.10''$ . Srednja vrijednost širina izračunanih iz proljetnih opažanja bila je  $51^{\circ} 28' 34.4''$ , iz jesenskih  $51^{\circ} 28' 33.6''$ . Ta dva broja daju sredinu  $51^{\circ} 28' 34.0''$ , u dobrom skladu sa geodetskom vrijednošću. Dakle B-ev dalekozor daje Airyu jednaku aberaciju kao i obični. Dodajmo, da od 25 pojedinačnih rezultata najveći je za  $2.6''$  veći od konačne srednje vrijednosti, najmanji za  $3.5''$  manji. A po Klinkerfuesu proljetna i jesenska srednja vrijednost razlikovale bi se — kaže Airy — za  $30''$ .

Posebno kratko razmatranje posvećuje Airy nitnom mikrometru i njegovoj pouzdanosti. Njegove ekvidistantne paralelne niti, njih 26, razvrstale su se u širinu svega otprilike  $1\frac{3}{4}^{\circ}$ . — O eksperimentalnim teškoćama s vodom Airy ne kaže ništa, a pogledom na potankosti obećaje, da će ih priopćiti u jednom od greenwickskih godišnjaka.

<sup>44</sup> Nautical Almanac, na pr. za g. 1890., donosi — u razmacima od 10 dana — za niz zvijezda prividno mjesto u čas gornje kulminacije u Greenwichu.

<sup>45</sup> Iza prvog mjerenja dalekozor se okrene oko vertikale za  $180^{\circ}$ , pa se zenitna distancija izmjeri nanovo. Srednja vrijednost ne sadržaje pogrešku, koja bi nastala, jer se os dalekozora ne podudara s vertikalom.

<sup>42</sup> Abh. I., str. 371.

<sup>43</sup> *On a supposed Alteration of the amount of Astronomical Aberration of Light produced by the passage of Light through a considerable thickness of Refracting Medium* (»O navodnoj promjeni iznosa astronomske aberacije svjetlosti, kada svjetlost prolazi kroz lomno sredstvo znatne debljine«). Philosophical Magazine (4) 43, April 1872., str. 310.—313.



Airy je opažanja ponovio u proljeće i u jesen g. 1872., s jednakim rezultatom. O tom je u kratko izvijestio u Royal Society 16. I. 1873.<sup>46</sup> i najavio, da će još jedamput ovjeroviti mikrometar i onda instrument rastaviti.

Poput Hoeka nije ni Airy spomenuo B-a. Njegov se postupak mnogo razlikuje od B-ovih predloga. To je razumljivo, budući da je točnost astronomskih opažanja u međuvremenu napredovala. Primjena vertikalnog dalekozora s vodom umjesto B-eva sektora sa dva dalekozora bila je ne samo jednostavnija, već je vodila i na veću točnost. Airyju je dostajao sam nitni mikrometar i nije bilo u njegovu instrumentu, nepouzdana, olovnice. Ni izbor stajačice, γ Drac, nije bio prema B-ovu predlogu. On je odgovarao prirodi instrumenta i širini Greenwicha, gdje je ta zvijezda u doba Airyevih opažanja kulminirala još bliže zenitu nego li u doba Bradleyeve. B-ovo lijepo istraživanje o izboru stajačice, u § III. njegove rasprave, postalo je u tom slučaju bespredmetno. Žaliti je, što nije iskušano B-ovo elegantno rješenje geometrijsko-optičkog problema njegova dalekozora (br. 62. njegove rasprave). Uklapanje konkavkonveksnog stakla u velike bi bilo Airyju olakšalo posao, a valjda i troškove, a pogledom na obilje svjetlosti imalo bi učinak, kao da je red zvijezde, koja se motri, povišen tek za 0.1. A treba imati na umu, da Airy s obzirom na apsorpciju svjetlosti ne spominje nikakve teškoće, premda je Arago držao, da će ona osujetiti pokus.

\* \* \*

Opisali smo, kronološkim redom, izvedbe B-eva pokusa. Vidimo, da Airy niti je bio jedini niti je bio prvi u tom poslu, što bi se moglo misliti prema običnim navodima literature («Airyev pokus«!). Niti je Airy izveo B-ev pokus u onom obliku, koji su B. i Fresnel smatrali načelno jednostavnijim. To su učinili Respighi i onda Hoek i Ketteler, svi prije Airya. — Točnost svih tih opažanja nije velika i u Kettelera uopće nije brojevno karakterizirana. Ipak je po njima očito, da su činjenice druge nego što je B. očekivao. — Nameće se pitanje, hoće li se B-ev pokus u kojemu god obliku ponoviti. Bit će, da za to ima malo izgleda. Jedva osjećamo, da za to postoji potreba. Evo zašto!

B. je zamislio dalekozor s vodom, da s njim utvrdi činjenice o brzini svjetlosti. U svezi s time očitovao bi nam se apsolutno

gibanje Zemlje, — »apsolutno« u smislu Newtonove nauke, ne u smislu B-eva apsolutnog prostora, za koji je B. najposlije izjavio, da se »tiče bogoslovaca«, t. j. samo bogoslovaca, a ne fizike<sup>47</sup>. B-ev je pokus u tom pogledu zatajio: ni on ni drugi optički pokusi, poduzeti, da se otkrije apsolutna translacija Zemlje, nisu urodili uspjehom. Teorija dala je o tom račun uvodeći koeficijent povlačenja. Najposlije se to gibanje imalo očitovati u Michelsonovu pokusu, koji je prvi puta izveden g. 1881. U tom pokusu svjetlost putuje malne samo kroz prazno (zrak), te Fresnelov koeficijent ovdje ne utječe. Međutim ni taj pokus, po zamisli osjetljiviji, nije dao očekivanog rezultata. Samo da se to shvati, izmišljena je hipoteza kontrakcije; pa i ta opet samo s približnošću vodi na nedokučljivost apsolutnog gibanja. S tom hipotezom bila je na pomolu i nova relativistika. I Fresnel i Lorentz — poput B-a — prihvaćali su apsolutni prostor, ali oni su — za razliku od B-a — držali, da se apsolutna translacija ne može otkriti (ponavljamo: »apsolutna« u smislu Newtonovu). Priroda kanda »guši« svako naše nastojanje, da to gibanje pronađemo. No takvo shvaćanje nije zadovoljilo Poincaréa, koji g. 1901. jasno izjavljuje, da je vrlo vjerojatno, da optički pojavi zavise samo o relativnim gibanjima tjelesa, i to ne tek sa približnošću, već strogo. »Zar da kod svakog napretka aproksimacije — pita Poincaré tom prilikom<sup>48</sup> — izmišljamo novog gušitelja (*coup de pouce*), novu hipotezu? Jasno je, da ne: valjano sazdana teorija otkrit će načelo jednim jedinim udarcem u svoj njegovoj strogosti.« I tako, dok su Fresnelov faktor i, mnogo kasnije, Lorentzova hipoteza bili kao predigre relativistici, Poincaré postade njezinim vjesnikom. Specijalna teorija relativnosti naskoro je u punoj mjeri udovoljila Poincaréovu očekivanju. U više nego četiri decenija ona je uhvatila snažan korijen, a prema njezinu učenju o ishodu B-eva pokusa ne može biti sumnje. B-ev je predlog svoju znamenitu ulogu izvršio.

<sup>47</sup> Vidi »Stay i Bošković o apsolutnom gibanju«, Glasnik matematičko-fizički i astronomski, (II) 5 1950., str. 29.

<sup>48</sup> H. Poincaré, *Électricité et optique*, 1901., str. 536.

Pisac žali, što nije mogao dobiti fotografija nepristupne mu literature; i osobito žali, što mu je ostala nepoznata Wilsonova rasprava.

Dr. Vilko Niče:

## BOŠKOVIĆ I GEOMETRIJA

U svojoj knjizi »Matematički rad Boškovićev I. dio«, kaže pok. prof. Dr. V. Varićak o Boškoviću ovo: »I ako je on na pr. u filozofiji duh, koji se uzdiže visoko nad prividne pojave, što ih sjetilima zapažamo, — u matematici nije on prijatelj spekulacija. Ne izmišlja sam apstraktnih problema i ne gradi matematičkih kula na grani od oblaka, već se ponajviše trudi oko pitanja, koja su mu se sama i posve prirodno nametnula kod njegovih astronomskih i geodetskih poslova ili kod razmišljanja o fizikalnim problemima. Tako su poradi astronomskih specijalnih zadaća nastala njegova istraživanja o sfernoj trigonometriji, a u tom je zacijelo razlog, što se mnogo bavio i oko teorije konusnih presjeka i t. d.«

Iz ovog razlaganja se vidi, da Bošković ne pripada među one matematičare, koji se bave matematikom radi same matematike. Svaki matematski problem, koji on rješava, nastupa kao nužna potreba za rješavanje nekog problema iz prirodnih nauka ili tehnike. Iz spomenutog citata moglo bi se međutim shvatiti, da su tek proučavanja i rješavanja raznih problema iz prirodnih nauka i tehnike dala povoda i prisilila Boškovića na naučni rad i iz geometrijskog dijela velike matematske nauke. Moglo bi se dakle smatrati, da je njemu geometrija samo pomoćna poluga za rad, koju on izgrađuje, dograđuje i usavršava, kako bi mu što korisnije poslužila. Proučimo li međutim pažljivo način njegova naučnog rada, kao i probleme koji ga interesiraju, te vrijeme u kojemu se on njima bavi, vidjet ćemo, da je geometrija ne samo pomoćna poluga, nego upravo spiritus agens za sav njegov rad. Možda se jedino geometrijom bavi Bošković, kao apstraktnom naukom, radi same geometrije, t. j. samo ovdje je on donekle matematičar »L'art pour l'art«, kako mi to danas kažemo. Prodirući sve dublje u probleme geometrije, otvaraju mu se mogućnosti rješavanja raznih astronomskih, geodetskih, fizikalnih i drugih problema.

Bošković je od prirode matematičar izrazito geometrijskog smjera. Probleme, koje drugi rješavaju čisto matematskim putem, rješava on geometrijskim putem, pa i onda, kada to izgleda na oko nemoguće. Kada su Ch. Le. Maire i R. Bošković po nalogu pape Benedikta XIV. izradili kartu papinske države, publicirali su o tom radu izvještaj, koji se sastojao iz pet knjiga pod naslovom »O naučnoj ekspediciji u papinskoj državi sa svrhom, da se izmjere stupnjevi meridijana i ispravi geografska mapa«, Rim 1755. Četvrta i peta knjiga bile su od Boškovića. U petoj knjizi bavi se Bošković teorijama više geodezije u vezi s oblikom Zemlje. U tim teorijama do tada se je upotrebljavao isključivo viša analiza. Bošković međutim, kao rođeni geometričar, iskušava na njima snagu geometrije, jer mu je to najbliže. On tu rješava nekoliko problema čisto geometrijski, i ako je izgledalo, po samoj njegovoj izjavi, da to ne će ići bez višeg računa. Njegova geometrijska metoda je doduše nešto malo duža od ostalih, ali je zato vrlo zorna i veoma za razumijevanje pogodna. O njegovim predavanjima znademo, da je on bio uvijek takav pred svojim učenicima. Svagdje, gdje se to može, obrađuje i rješava Bošković probleme vrlo zorno. Sigurno je, da je on već od prirode bio nadaren vrlo jakom moći prostornog predočivanja, a ulazeći sve dublje u geometriju, a uz nju i pomoću nje u astronomiju, geodeziju i fiziku razvijala se ta moć sve jače. Čini se, da je upravo ova prirodna moć prostornog predočivanja omogućila njegovo naglo prodiranje u prirodne nauke, kod kojeg se je gotovo redovito služio geometrijskim sredstvima rješavajući probleme iz primijenjene matematike. Gledajući iz perspektive ovih činjenica na njegove radove posve tehničke naravi, postaju nam oni mnogo razumljiviji. Upravo jaka moć prostornog predočivanja omogućila mu je vrlo brzo ulaženje u srž svakog takvog problema. Treba se ovdje samo sjetiti zvjezdarnice u Breri, koju je projektirao Bošković, a koja mu je tada bila opće priznata kao veliki uspjeh, tako da je služila kao uzor. Francuski astronom Lalande pisao je u »Journal des savants«: »raspodjela u opservatoriju provedena je s mnogo inteligencije i umnosti, a još ni jedna zvjezdarnica do danas nije građena s toliko umijeća, budući da se do danas nije našao u jednoj osobi i toliki astronom i toliki arhitekt kao Bošković«.

Mogućnost konstruiranja novih astronomskih aparata, pronalaženje nesavršenosti kod starih te njihovo uklanjanje, odnosno smanjivanje tako, da dolaze što manje do izražaja, bazira također na njegovim prirođenim izrazito geometrijskim osobinama.



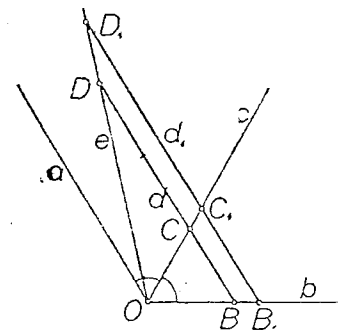
Koliko su sve te njegove sposobnosti bile poznate i cijenjene, najbolje pokazuju pozivi, kojima su od njega tražili rješavanje raznih praktičkih problema, kao na pr. regulacija rijeke Tibera, isušenje Pontijskih močvara i t. d.

Istini za volju mora se priznati, da se je geometrija u ono vrijeme uopće mnogo cijenila, naročito kod francuskih matematičara, s većinom kojih je Bošković stajao u uskoj vezi, a duže vremena boravio je i u Parizu. Ali to ni malo ne umanjuje njegovu vrijednost kao matematičara, nego, što više, još ga i uzdiže, jer i on doprinosi velikim dijelom baš zato, što je takav kakav jest, svoj udio u razvoju i napretku geometrije, koji se javlja odmah iza njegove smrti. Pri kraju njegova života već se javlja poznati Gaspard Monge, ne samo sa svojim krasnim rezultatima iz diferencijalne geometrije prostora, nego i kao osnivač čitave jedne nauke »deskriptivne geometrije«, koja se bavi isključivo prostornim odnosima trodimenzionalnih tvorevina, ili dvodimenzionalnih i jednodimenzionalnih postavljenih u prostoru. Ova nauka apelira prvenstveno na prostorni zor, a bez njega je nemoguće njome se baviti. Kolika je važnost te nauke, znat će reći danas ne samo svaki profesor matematike ili inženjer, nego i svaki šumar, svaki umjetnik slikar ili kipar, pa i svaki bolji liječnik, jer samo on zna koliko mu koriste prednosti poznavanja deskriptivne geometrije u anatomiji i rentgenologiji. Crtanje bilo kakvog plana nije ništa drugo nego deskriptivna geometrija. Sjetimo li se plana zvjezdarnice u Breri moramo priznati, da je i naš Bošković već prilično znao deskriptivne geometrije i ako ju kao zasebno izgrađenu nauku nije mogao poznavati, jer još nije postojala.

Da izade ususret svojim učenicima izdao je Bošković za njih i udžbenike iz matematike. Koliku je on važnost davao geometriji u svojim predavanjima, najbolje će se vidjeti iz sadržaja takvog udžbenika. Jedan od njegovih udžbenika izašao je god. 1752. pod naslovom »Elementi opće matematike za upotrebu mladeži koja studira«. U ovom udžbeniku nalaze se ova poglavlja: Ravna geometrija (planimetrija), Aritmetika, Prostorna geometrija (stereometrija), Ravna i sferna trigonometrija. Dakle od četiri glavna poglavlja, tri su čisto geometrijska. Da je ovo jedan od najjačih razloga za lako razumjevanje i najtežih njegovih predavanja, nema sumnje, jer on metodu obučavanja svojih učenika nije mijenjao cijelog života.

Koliko je geometrija bila Boškoviću bliza i prirodna dokazuje činjenica, što on pomoću njenih sredstava obrazlaže, izvodi i dokazuje neke probleme posve filozofske naravi. Evo kako

na pr. Bošković pokazuje, da neizmjereno velika površina ne može postojati i da se ona zapravo ne može pojmovno ni shvatiti. Neka je zadan neki kut  $\sphericalangle(ab) > 90^\circ$ , koji raspolovimo pravcem  $c$  (sl. 1.). Ako mi sada čitavu površinu ravnine između krakova

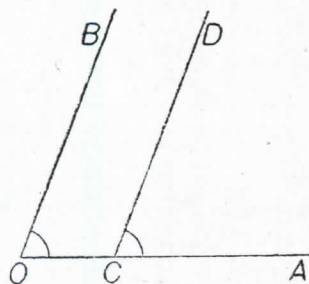


Slika 1.

$b, c$ , produženu u neizmjernost, prevalimo oko kraka  $c$  na drugu stranu, past će krak  $b$  u krak  $a$ , dok je krak  $c$  ostao na miru. Neizmjereno velika površina između krakova  $b, c$ , pokrila je točno čitavu neizmjereno veliku površinu između krakova  $a, c$ , dakle su te dvije površine jednake. Vrh kuta  $(ab)$  označimo s  $O$ . Nekim pravcem  $d$ , koji je usporedan s pravcem  $a$ , presijecimo krakove  $b, c$ , u točkama  $B, C$  i na taj pravac prenesimo iznad točke  $C$  do točke  $D$  dužinu  $CD$  tako, da bude  $CD = 2BC$ . Spojnicu točaka  $O, D$  označimo s  $e$ . Poznato je, da je površina trokuta jednaka polovici umnoška osnovke i visine. Ako prema tome dva trokuta imaju istu visinu, a jedan od njih ima dva puta veću osnovku od prvoga, onda mu je i dva puta veća površina. U trokutima  $BOC, COD$  neka je  $O$  zajednički vrh, a  $BC$  i  $CD$  su im osnovke. Oba ova trokuta imaju istu visinu, dok je osnovka trokuta  $COD$  dva puta tako velika kao u trokutu  $BOC$ . Odavle izlazi, da je i površina trokuta  $COD$  dva puta tako velika kao površina trokuta  $BOC$ . Siječemo li sada krakove  $b, c, d$  pravcima, koji su paralelni s pravcem  $a$  ili  $d$ , kao na pr. pravac  $d_1$ , koji te pravce siječe u točkama  $B_1, C_1, D_1$ , onda uvijek proizlazi iz sličnosti trokuta  $BOC, B_1OC_1$  i  $COD, C_1OD_1$ , da je i  $C_1D_1 = 2B_1C_1$ . Razdijelimo li površine između krakova  $b, c$  i  $c, e$  pravcima paralelnim s pravcima  $a$ , odnosno  $d$ , u neizmjereno mnogo pruga, kao što su pruge  $BB_1C_1C$  i  $CC_1D_1D$ , tada će uvijek površina pruge  $CC_1D_1D$  između krakova  $c, e$  biti dvostruko tako velika, kao površina pruge  $BB_1C_1C$  između krakova  $b, c$ . Ovo direktno proizlazi odatle, što su površine trokuta  $COD, C_1OD_1$  dvostruko tolike, kolike su površine trokuta  $BOC$ , odnosno  $B_1OC_1$ . Ako sada površine svih pruga između krakova  $b, c$  zbrojimo, dobivamo naravski čitavu površinu između krakova  $b, c$ . Isto tako ako zbrojimo površine svih pruga između krakova  $c, e$  dobit ćemo čitavu površinu između krakova  $c, e$ . Budući da se površina između krakova  $b, c$  sastoji iz isto toliko pruga, koliko ih je na površini

između krakova  $c, e$ , a svakoj je pruži na površini između krakova  $b, c$  pridružena jedna i samo jedna pruga na površini između krakova  $c, e$ , ali dvostruke površine, to je i zbroj površina pruga između krakova  $c, e$ , dakle čitava ta površina, dva puta tako velika, kao što je zbroj površina pruga između krakova  $b, c$ , dakle čitava površina između tih krakova. Iz naše se slike vidi, da je površina između  $c, a$  jednaka površini između krakova  $c, e$  više površina između krakova  $e, a$ . Dakle je površina između krakova  $c, e$  manja od površine između krakova  $c, a$ . Međutim malo prije smo dokazali, da je površina između krakova  $c, e$  dvostruko tako velika, kao površina između krakova  $b, c$ , a u početku smo pomoću preklapanja dokazali, da su površine između krakova  $b, c$  i  $c, a$  jednake. Jednput je dakle površina između krakova  $b, c$  jednaka površini između krakova  $c, a$ , dok je drugi puta ta površina za polovicu manja od jednog dijela one druge. Na taj način dolazi Bošković do absurdnog rezultata, da je dio nečega dva puta veći od toga cijeloga.

Sličnim paradoksima bavili su se i kasnije mnogi matematičari, kao na pr. Bolzano, Russell, Hessenberg i t. d. Imamo li neki kut, koji zatvaraju krakovi  $AO$  i  $OB$ , produženi preko točaka  $A$  i  $B$  u neizmjernost, pa u točki  $C$  na kraku  $OA$  povučemo novi krak  $CD$ , paralelan s krakom  $OB$  preko točke  $B$  u neizmjernost, onda dobivamo još evidentniji paradoks (sl. 2.).



Slika 2.

Površina između krakova  $OA, OB$  jednaka je površini između krakova  $CA, CD$ , jer su kutovi  $AOB$  i  $ACD$  jednaki. Međutim površina između krakova  $OA, OB$  jednaka je i površini, koju dobivamo, ako površini između krakova  $CA, CD$  pribrojimo površinu pruge  $BOCD$ , produženu preko točaka  $BD$  u neizmjernost. Hessenberg, mnogo kasnije iza Boškovića (1906. god.) misli, da se ovaj paradoks dade ukloniti, ako se dopusti, da se kutovi mogu isporođivati samo onda, kada ih dijelimo zrakama kroz njihov vrh. Da to nije tako, očito se vidi iz Boškovićeve primjera. Što više, u slučaju kada kutovi budu dijeljeni zrakama kroz vrh, može se pokazati, da je dio kolikogod puta hoćemo veći od cijeloga. Treba samo uzeti dužinu  $CD$  na sl. 1. toliko puta veću od dužine  $BC$ .

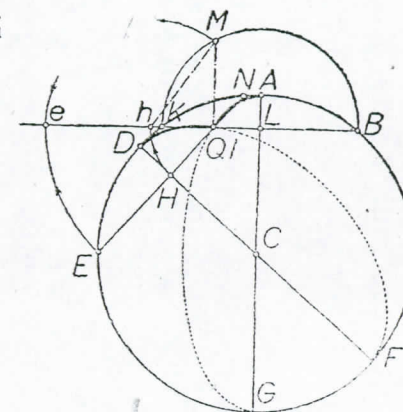
Ovi paradoksi ilustriraju nam danas poznate poučke iz teorije skupova, koji kažu, da je dio beskonačnog skupa ekvivalentan

s tim cijelim skupom, na čemu zapravo i počiva Dedekindova definicija takvih skupova. Osim toga se iz tih paradoksa vidi, da se kut nikada ne smije definirati kao dio ravnine.

Boškovićev geometrijski duh dolazi do izražaja gotovo u svakoj njegovoj raspravi, a da napose i ne spominjemo njegove rasprave o beskrajnoj djeljivosti, o mjerenju prostora i vremena, o diskretnom prostoru i geometriji tog prostora, o definiciji pravca, o paralelama i t. d. Mi ćemo se u ovom članku zadržati samo na onim njegovim radovima, u kojima se taj geometrijski duh najizrazitije manifestira, naročito u vezi s jakom moći prostornog predočivanja. U prvom redu valja ovdje spomenuti zadaće o sfernim trokutima, koje Bošković rješava prostorno potpuno u duhu buduće nacrtne geometrije. Pobudu za rješavanje ovih zadaća sigurno su mu dala njegova razmišljanja o astronomskim problemima. Međutim, grafički način kako on rješava te zadaće, a prema tome i astronomske probleme, uvjetovan je njegovim prirođenim nagnućem za geometriju i njena sredstva. Tih zadaća ima u glavnom šest osnovnih, no mi ćemo spomenuti samo neke od njih. Crteže i oznake zadržat ćemo u glavnom onakve, kakvima ih je učinio sam Bošković. Oznake u sfernim trokutima, koje mi upotrebljavamo danas, dao je Euler 1753. god.

Prije nego će Bošković prijeći na grafičko rješavanje sfernih trokuta, razmatra on neki sferni trokut  $AQD$  ovako: stranicu  $AD$  uzima u ravnini slike, tako da mu se iznad ravnine slike nalazi samo ona polovina kugle s

trećim vrhom  $Q$ . Luk  $AD$ , kao i čitava njegova kružnica, prikazat će se na slici u pravoj veličini (sl. 3.). Ravnine, odnosno kružnice drugih dviju stranica, sjeći će kružnicu prve stranice još i u točkama  $F$  i  $G$ . Spustimo sada iz vrha  $Q$  okomicu  $QI$  na ravninu slike, t. j. na ravninu kružnice luka  $AD$ , i tom okomicom postavimo okomite ravnine na promjere  $AG$  i  $DF$ . Prva ravnina siječe gornju polukuglu u kružnom luku  $KQB$ , a druga u kružnom luku  $EQN$ . Sve točke na prvoj polukružnici jednako su daleko od točke  $A$ , dakle su i kružni lukovi  $AB, AK$  i  $AQ$  jednaki. U istom odnosu su točke druge polu-

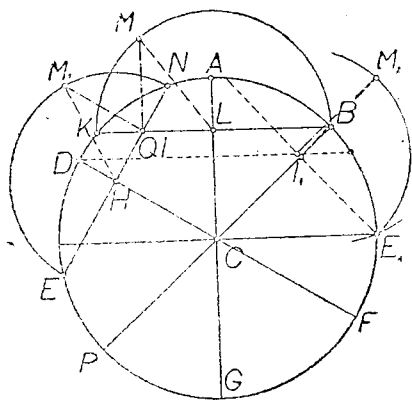


Slika 3.



kružnice prema točki  $D$ , pa su i lukovi  $DN$ ,  $DE$  i  $DQ$  jednaki. Kut sfernog trokuta  $ADQ$  u vrhu  $A$  jednak je kutu  $KLQ$ , a mjeri se lukom  $KQ$ . Kut u vrhu  $D$  jednak je kutu  $QHN$ , a mjeri se lukom  $NQ$ . Ove kutove u vrhovima  $A$ ,  $D$  zvat ćemo jednostavno  $\sphericalangle A$  i  $\sphericalangle D$ . Opišimo sada oko tetive  $KB$  polukružnicu  $KMB$ , koju možemo smatrati prevaljenim položajem presječne kružnice  $KQB$  polukugle s okomitom ravninom točke  $Q$  na ravninu slike i na promjer  $AG$ . U točki  $I$  postavljena okomica na  $KB$  siječe tu polukružnicu u točki  $M$ , a ova je točka u istinu prevaljeni položaj točke  $Q$  u ravnini slike, dakle je  $IM$  prava veličina dužine  $QI$ . Nanesemo li sada dužinu  $Ih$  od točke  $I$  na tetivu  $KB$  do točke  $h$ , pravokutni su trokuti  $Mih$  i  $QIH$  jednaki, jer su im katete jednake, a prema tome je i  $\sphericalangle MhI = \sphericalangle QHI$ . Ova dva kuta jednaka su kutu  $\sphericalangle D$  dok je on šiljast. Ako bi  $\sphericalangle D$  bio tup, onda bi  $\sphericalangle QHI$  bio suplement  $\sphericalangle QHN$ , pa bi tako i  $\sphericalangle D$  bio suplement  $\sphericalangle MhI$ . U prvom je slučaju  $IE = HE + EI$ , a u drugom  $IE = HE - EI$ . Prenesemo li dužinu  $IE$  od točke  $I$  na spojnicu  $KB$  do točke  $e$ , dužina je  $he$  jednaka dužini  $hM$ , jer je  $hM = QH = HE = he$ . Vidimo, da je i  $hM = HE$ .

Iza ovih jednostavnih prostornih razmatranja prelazi Bošković na rješavanje zadaća o sfernim trokutima. Neka su recimo zadane sve tri stranice  $AB$ ,  $AD$  i  $BD = DE$  sfernog trokuta  $ABD$ , pa treba odrediti sva tri kuta  $\sphericalangle A$ ,  $\sphericalangle B$  i  $\sphericalangle D$ . Sve tri stranice nanesimo na istu kružnicu kao što je to učinjeno na sl. 4. Povucimo sada promjere  $AG$  i  $DF$  te na njih iz točaka  $B$ ,  $E$  spustimo okomice, koje te promjere i kružnicu sijeku u točkama  $L$ ,  $K$ , odnosno  $H$ ,  $N$ . Sjecište  $I$  tih okomica je nožište okomice spuštene iz trećeg vrha  $Q$  traženog sfernog trokuta na polukugli iznad nacrtane kružnice, ako mu je  $AD$  već jedna stranica. Opišemo li iznad tetive  $KB$  polukružnicu i na njoj, kao na prošloj slici, odredimo

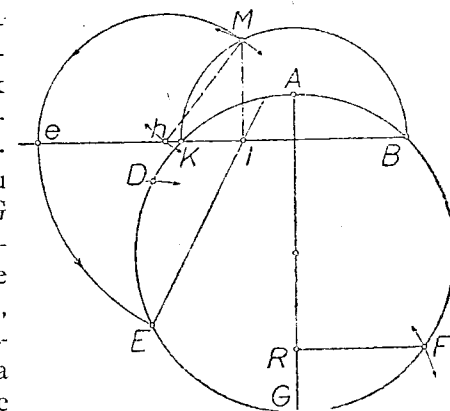


Slika 4.

točku  $M$ , onda je lukom  $KM$  na toj polukružnici dan  $\sphericalangle A$ , koji je jednak  $\sphericalangle KLM$ . Odredimo li na polukružnici iznad tetive  $EN$  točku  $M_1$  tako, da opet bude  $IM_1 \perp EN$ , onda je lukom  $M_1N$  određen  $\sphericalangle D$ , koji je jednak  $\sphericalangle M_1HN$ . Obje se ove polukružnice

moгу opet smatrati prevaljenim presjecima naše polukugle s okomitim ravninama točke  $Q$  na ravninu slike položenih tetivama  $BK$  i  $EN$ . Kod određivanja  $\sphericalangle B$  pretpostavit ćemo stranicu  $AB$  u ravnini slike, pa ćemo stranicu  $DE$  nanijeti na kružnicu od točke  $B$  na suprotnu stranu od točke  $A$  do točke  $E_1$ . Dakle lukovi  $DE$  i  $BE_1$  su jednaki. Točkom  $B$  povucimo sada promjer  $BP$ , pa iz  $D$  spustimo okomicu na  $AG$ , a iz točke  $E_1$  okomicu na  $BP$ . Sjecište  $I_1$  bit će nožište okomice spuštene iz trećeg vrha  $Q_1$  sfernog trokuta  $AQ_1B$ , koji je identičan s trokutom  $AQD$ , jer oba imaju jednake sve tri stranice, t. j.:  $\text{arc } AQ_1 = \text{arc } AD$ ,  $\text{arc } AQ = \text{arc } AB$ ,  $\text{arc } BQ_1 = \text{arc } BE_1 = \text{arc } DE = \text{arc } DQ$ . Dalje se radi isto kao do sada, t. j.  $\sphericalangle B$  određen je lukom  $E_1M_2$ .

Riješimo još jednu zadaću na sfernom trokutu  $ABD$  Boškovićevim načinom. Neka su zadane dvije stranice  $AB$  i  $DB = DE$  i kut, koji leži nasuprot stranici  $DB$  ( $\sphericalangle A$ ). Treba odrediti sve ostalo. Na osnovni krug nanijet ćemo stranicu  $AB$  i povući promjer  $AG$  (sl. 5.). Oko okomite tetive  $BK$  na taj promjer opišimo polukružnicu i na nju od točke  $K$  nanesimo luk  $KM$ , kojim je određen  $\sphericalangle A$ . Okomica iz  $M$  spuštена na  $KB$  daje točku  $I$ . Luk  $BD = DE$  zadan je, samo ne znamo kamo ga treba smjestiti. Nanesemo li na osnovnu kružnicu zadanu stranicu  $DB$  od točke  $G$  do  $F$ , pa iz ove spustimo okomicu na  $AG$  do točke  $R$ , onda je  $RF = hM$ , što se vidi na sl. 4., gdje je  $EH = hM$ . Presijecimo lukom polumjera  $RF$  oko središta  $M$  tetivu  $KB$  u točki  $h$ , pa od ove točke na istu tetivu nanesimo dužinu  $he = hM$  do točke  $e$ . Luk polumjera  $Ie$  opisan oko točke  $I$  siječe osnovnu kružnicu u točki  $E$ , od koje ćemo prema točki  $A$  na istu kružnicu nanesti stranicu  $BD$  do točke  $D$ . Na taj način imamo na osnovnoj kružnici sve tri stranice kao na sl. 4., pa preostala dva vršna kuta odredimo kao na prošloj slici. Posve analognim postupcima, koji se temelje na početnom razmatranju sfernog trokuta, lako se dade riješiti i ostale četiri zadaće. Ove se zadaće još i dalje pojednostavnjuju, ako je sferni trokut  $ABD$  pravokutan.



Slika 5.

O grafičkom rješavanju sfernih trokuta publicirao je Bošković dvije radnje. I to: »Trigonometriae sphaericae constructio«. Romae 1737. i »Construction plane de la Trigonométrie sphérique«. Opera, t. III. Bassan, 1785. Prvu radnju izdaje dakle kao 26-godišnji mladić, a drugu kao 74-godišnji starac. Druga radnja je u glavnom posve jednaka prvoj, a štampana je zato, jer je prva radi male naklade ostala gotovo nezapažena. Činjenica, da Bošković već kao 26-godišnji mladić izdaje za ono vrijeme tako priznato važnu radnju najbolje svjedoči, da on tu radnju nije pisao samo radi potreba za svoja astronomska razmatranja, koja u to doba nisu još mogla biti na velikoj visini. Ova razmatranja dala su mu samo pobudu, a njegov prirodni interes i ljubav za geometriju vezali su ga uz ove grafičke probleme, prisilili ga da ih riješi elegantno i brzo, bez obzira na astronomiju i njene potrebe. Rješivši sve postavljene zadatke, sigurno je, da su mu one bile velika pomoć, a i pobuda za daljnji rad u astronomiji, gdje je postigao tako lijepe i priznate uspjehe. Njegov praktičan duh očituje se i u tim dvjema radnjama. U prvoj radnji spominje on neke zadatke iz sferne astronomije, na koje se mogu primijeniti slučajevi rješavanja sfernih trokuta, dok u drugoj francuskoj raspravi određuje najkraću udaljenost između dvaju gradova pomoću svoje grafičke metode. Ovim konstrukcijama služio se je Bošković u istinu u svojim astronomskim radovima, što se vidi iz njegova djela »De la détermination de l'orbite d'une comète par trois observations peu éloignées entre elles«. Tu on iz komplemenata dužine i širine kometa te priklona ekliptike određuje njegovu deklinaciju i rekstascenziju. Korist ovakvih grafičkih rješenja u matematskoj geografiji i astronomiji isticali su kasnije mnogi autori, kao: S. Günther, R. Cranz, R. Sonndorfer, A. Pein, S. Schoy, R. Wolf i drugi. Neki od njih izvode i temeljne poučke sferne trigonometrije iz Boškovićeve slike.

Bošković se je bavio mnogo ne samo sfernom, nego i ravninskom trigonometrijom, o čemu postoje dokazi u mnogim radovima tadanjeg vremena. Da spomenem samo jednu planimetrijsku zadaću, u kojoj on iz tri stranice trokuta određuje njegove kutove, polumjer opisane kružnice i površinu. Ovakvo rješenje preporučao je on autorima elementarnih djela, smatrajući ga jednostavnijim od svih dotadanih. U svojoj radnji »Des formules différentielles de trigonométrie« donosi on između mnogih tadanjih relacija u sfernoj trigonometriji četiri glavne jednadžbe, iz kojih se sve ostale lako mogu izvesti. Cagnoli je na pr. donesao još 1798. god. 139 raznih proporcija. Glavni poučci međutim nisu nigdje tako jasni kao kod Boškovića.

Interesantno je, kako se je Bošković služio radije geometrijom nego računom i tamo, gdje se to nije moglo tako lako očekivati. Tako na pr. kod problema tijela maksimalne atrakcije. Tu on čisto geometrijskom analizom rješava pitanje, kako će iz neke zadane množine homogene tvari načiniti rotaciono tijelo, koje će izvesti najveći učinak na neku točku svoje osi, djelujući po bilo kakvom zakonu. On to rješava i računom, ali tek nakon nekoliko pokušaja stizava tamo, kamo ga je geometrija odvela odmah gotovo sama od sebe. Usput treba spomenuti, da je Bošković prvi riješio pitanje tijela maksimalne atrakcije.

Interesantan problem gradnje stanica pčelinjeg saća, koji je također posve geometrijske naravi, nije mogao izmaknuti Boškovićevu interesu. U svojoj radnji »De apium cellulis«, obrazlaže on, zašto svaka stanica završuje s tri romba takvog oblika, da zadani volumen bude obuhvaćen najmanjom površinom, a pčele na taj način štede vosak.

Nema danas sumnje, da je jedno od najizrazitijih djela Boškovićevih, a možda i najizrazitije, rasprava »Sectionum conicarum elementa«, koja je publicirana u dva izdanja. U ovoj čisto geometrijskoj radnji najmarkantnije se očituje geometrijski duh Boškovića. Od svoje 34. do 42. godine izgrađuje on svoj sistem krivulja 2. reda. On to čini bez obzira na sva svoja druga istraživanja i ne dovodi ova u nikakvu vezu s istraživanjima tih krivulja, ne smatrajući ove i njihov sistem pomoćnim sredstvom za neka druga istraživanja. Ovo je djelo rađeno s toliko interesa i ljubavi, i toliko ispunjeno do detalja samo svojom vlastitom materijom, a ipak imajući u vidu sva do tada poznata djela o tim krivuljama, da ga možemo smatrati najmarkantnijom manifestacijom njegova naučnog rada, i to jedino na ovom mjestu možda donekle u smislu »l'art pour l'art«. Vjerojatno je, da su mu prvu pobudu dala njegova astronomska razmatranja, ali sav naučni rad oko tih krivulja vršen je samo radi njih samih. Cio rad u tom djelu bio je vođen čisto naučnim interesom, koji je posvećen specijalnoj naučnoj grani sa svrhom posve apstraktne naravi. U vezi sa sistemom i metodom Boškovićeve djela o krivuljama 2. reda, mogla bi se istaknuti tri glavna momenta: 1) on te krivulje definira kao geometrijsko mjesto u ravnini, bez obzira na stožac, na temelju jednog Pappusovog stavka; 2) izvodi i primjenjuje Newtonov poučak o produktima odsječaka na tetivama krivulja 2. reda; 3) uvodi svoju generacionu kružnicu te pomoću nje izvodi glavna svojstva krivulja 2. reda.



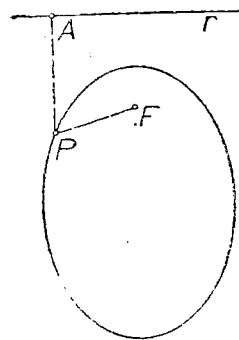
Papusov stavak spominjali su i drugi autori u svojim djelima. Već se Euklid služi njegovim sadržajem u svojim »Elementima . . .«, gdje se on odnosi na tetive i tangente krivulja 2. reda, a jedan oblik tog poučka izvodi i Apolonije u svojoj III. knjizi. Kod krivulja 3. reda spominje ga i Newton. Bošković je međutim bio prvi i jedini, koji je na tom poučku izgradio cio sistem istraživanja o krivuljama 2. reda.

Cio razvoj teorije krivulja 2. reda mogao bi se podijeliti na dva glavna odsjeka. Prvi se proteže od Euklida, Apolonija i Papsa do kraja XVIII. vijeka, a drugi od onda do danas. Apolonijeva metoda, koja uzima u obzir prostorne relacije sa stošca, daje obilježje čitavom prvom starom odsjeku. Drugi odsjek javlja se s novijom sintetičkom metodom Ponceleta, Steinerja, Möbiusa i drugih, gdje se svi problemi rješavaju u ravnini. U ovom modernom smjeru zastupana je i analitička i sintetička metoda, dok se stari sintetički način po malo gubi. Za R. Boškovića kaže pok. dr. J. Majcen u svojoj radnji »Matematički rad Boškovićev« II. dio, ovo: »Bošković stoji sa svojim sistemom krivulja 2. reda gotovo na završetku prvog starosintetičkog odsjeka; zato i jest njegovo djelo znatno u svojoj pojavi i tako savršeno po svojoj obradi. Stara sintetička metoda nije se u toku vremena toliko usavršila, koliko se više modifikirala već prema stajalištu, koje su pojedini geometri zauzimali u tome pitanju. Prema svima njima Boškovićovo je stajalište neko osobito. U njemu se vide i tragovi onih modernih ideja, koje su se kasnije razvile u novoj sintetičkoj geometriji, na pr. kolineacija«.

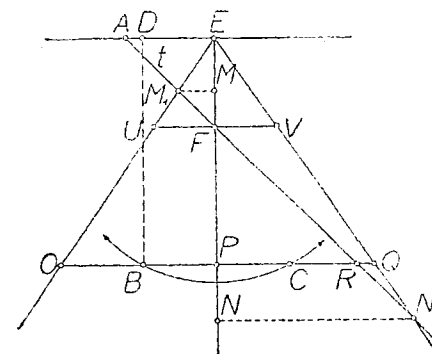
Metoda Boškovićeve je potpuno planimetrijska, ali kadkada prelazi on i na promatranje krivulje 2. reda na stošcu i na rotacionim plohama 2. reda. a ne obratno. Na jednom mjestu kaže Bošković, da on smatra ispitivanje krivulja 2. reda u ravnini mnogo jednostavnijim i jasnijim, od onoga na stošcu 2. reda. Apolonijevo promatranje ravninskih presjeka stošca 2. reda u istinu je mnogo kompliciranije. Naročito potanko i potpuno prikazuje Bošković odnos hiperbole prema kontinuiranom gibanju jedne njene točke kod prolaza kroz neizmjernost. Tu se on mnogo razlikuje od shvaćanja Apolonijeva, De la Hirea, Newtona, Stirlinga i drugih, koji svi govore o dvije hiperbole, namjesto o dvije grane iste hiperbole.

Papusov stavak, na temelju kojeg je Bošković definirao krivulje 2. reda, radi o ovome: Zadajmo neki pravac  $r$  i točku  $F$  izvan tog pravca. Točkom  $F$  povucimo novi pravac, odaberimo na njemu točku  $P$  i iz ove spustimo okomicu na pravac  $r$  do nožišta

$A$ . Na taj smo način dobili dužine  $FP$  i  $AP$ , koje stoje u nekom omjeru  $FP : AP = k$ . Odredimo li na svakom pravcu točke  $F$  točku  $P$  tako, da ona na isti način daje dužine, kojih je omjer jednak gornjem omjeru, onda sve takve točke  $P$  leže na nekoj krivulji 2. reda. Ako je  $k = 1$ , ta je krivulja parabola, ako je  $k < 1$ , elipsa, a ako je  $k > 1$ , to je hiperbola (sl. 6.). Točka  $F$  zove se fokus, pravac  $r$  ravnalica, a omjer  $FP : AP = k$  odredbeni omjer krivulje 2. reda. Ako je zadano ovo troje, krivulja 2. reda je određena i ona se može konstruirati.



Slika 6.

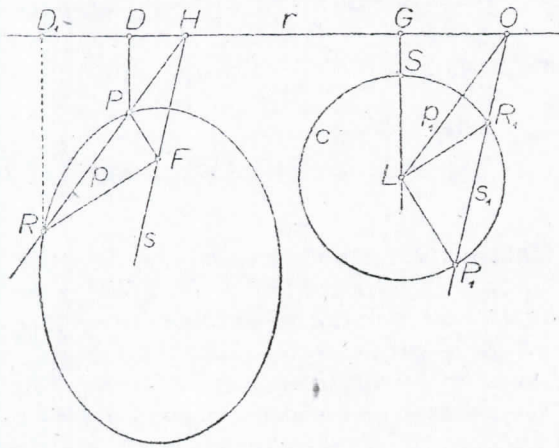


Slika 7.

Neka je zadana ravnalica  $r$ , fokus  $F$  i vrijednost odredbenog dvoomjera  $k < 1$ . Treba konstruirati točke elipse (sl. 7.). Okomica spuštena iz točke  $F$  na ravnalicu  $r$  daje nožište  $E$ . Na ravnalicu  $r$  prenese se dužinu  $EA = EF$  i spojimo točke  $A, F$  pravcem  $t$ . Postavimo sada točkom  $F$  paralelu s ravnalicom  $r$  i prenese se na nju od  $F$  dužine  $FV = FU$  do točaka  $V$  i  $U$  tako, da bude  $FV : FE = FU : FE = k$ . Spojnice  $EU$  i  $EV$  sijeku pravac  $t$  u točkama  $M_1, N_1$ , a okomice spuštene iz tih točaka na spojnicu  $EF$  daju na njoj točke  $M, N$ . Iz sličnosti trokuta lako se vidi, da je  $FM : ME = FN : NE = k$ , dakle su točke,  $M, N$  na traženoj elipsi. Evidentno je, da će spojnica  $EN$  biti os te elipse, dakle su joj točke  $M, N$  tjemena. U slučaju  $k = 1$  (parabola) točke  $N, N_1$  odlaze u neizmjernost, a u slučaju  $k > 1$  (hiperbola) odlaze one na suprotnu stranu ravnalice  $r$ . Presiječemo li sada bilo kojim pravcem, koji je paralelan s ravnalicom  $r$ , spojnice  $EU, EF, EV$  i pravac  $t$  u točkama  $O, P, Q, R$ , a taj isti pravac presiječemo kružnicom središta  $F$  i polumjera  $OP = PQ$  u točkama  $B, C$ , onda te točke leže također na traženoj elipsi, jer je  $FB : BD(\perp r) = OP : PE(= BD) = FU : FE = k$ . Isto vrijedi i za točku  $C$ , da-

kle su točke  $B, C$  u istinu na traženoj elipsi. Lako se uviđa, da su na spojnicama  $EU, EV$  samo točke  $U, V$  one, za koje vrijedi  $FU:FE = FV:FE = k$ , t. j. samo ove točke tih spojnica nalaze se na elipsi, dakle su to dirališta i tangente te elipse. Jer je  $FM:FE = FN:FE = k$ , to je i  $FM/FE:FN/FE = -1$ , dakle točke  $E, F, M, N$  čine poznati harmonijski dvoomjer, koji u Boškovićevoj teoriji krivulja 2. reda ima vrlo važnu ulogu. Na temelju dosadanih izvoda znali bi dalje odrediti malu os i drugi fokus, kao i presjeke te elipse s pravcima paralelnim s ravnalicom.

Promotrimo sada i Boškovićevu generacionu kružnicu, koja se i u kasnijoj literaturi o krivuljama 2. reda često spominjala (sl. 8.). Neka je zadana elipsa ravnalicom  $r$ , fokusom  $F$  i odred-



Slika 8.

benim omjerom  $k < 1$ . Negdje sa strane odaberimo po volji točku  $L$ , postavimo njome okomicu na ravnalicu  $r$  do nožišta  $G$ , a unutar dužine  $LG$  odaberimo točku  $S$  tako, da bude  $LS:LG = k$ , pa oko točke  $L$  opišimo kružnicu  $c$  polumjera  $LS$ . Zadajmo sada po volji neki pravac  $p$ , koji će sjeći elipsu u dvjema točkama, a ravnalicu  $r$  u točki  $H$ . Spojnicu  $HF$  nazovimo  $s$ . Povucimo sada točkom  $L$  pravac  $p_1 \parallel p$ , a njegovim sjecištem  $O$  s ravnalicom  $r$  pravac  $s_1 \parallel s$ . Pravac  $s_1$  neka siječe kružnicu  $c$  u točkama  $P_1, R_1$ . Točkom  $F$  povucimo sada paralele sa spojnicom  $LP_1$  i  $LR_1$ , koje će pravac  $p$  sjeći u točkama  $P, R$ , a ovima postavimo okomice  $PD$  i  $RD_1$  na ravnalicu  $r$  do nožišta  $D, D_1$ . Iz sličnosti trokuta  $LGO, PDH$  i  $LOP_1, PHF$  izlazi, da je  $PF:PD = LP_1:LG =$

$= LS:LG = k$ , t. j. točka se  $P$  nalazi na zadanoj elipsi. Isto se tako nalazi na toj elipsi i točka  $R$ , dakle su te točke sjecište pravca  $p$  sa zadanom elipsom. Mi smo pošli od kružnice  $c$ , pa smo pomoću nje odredili sjecišta  $P, R$ . Uzmemo li sada obrnuto sjecišta  $P, R$  elipse s bilo kojim pravcem, pa obrnutim postupkom odredimo tim točkama pridružene točke  $P_1, R_1$ , ležat će ove posljednje uvijek na kružnici  $c$  iz istih razloga. Posve analogno vrijedi naravno i za parabolu i hiperbolu. Ovom kružnicom  $c$  služio se je prvi Bošković u svojoj teoriji krivulja 2. reda, pa je zato u literaturi nazvana Boškovićevom generacionom kružnicom.

Pomoću Pappusova stavka i običnih omjera i razmjera, izveo je Bošković i poznati stavak o tetivama krivulja 2. reda koji glasi:  $AS \cdot BS : CS \cdot DS = \text{konst.}$ , ako su dužine  $AB, CD$  tetive, koje se sijeku u točki  $S$ . Na taj način imao je on u rukama sva sredstva, pomoću kojih je mogao razviti svoju teoriju krivulja 2. reda, koja je vjerojatno najviše doprinesla, da se on danas ubraja među najistaknutije naučne radnike do sada, a napose, da se smatra istaknutim matematičarom svih vremena, — kao što smo vidjeli čisto geometrijskog smjera.



Dr. Đorđe Nikolić:

MARIN GETALDIĆ, DANIČIĆ-HODIERNIA I JEDNO PISMO  
ITALIJANSKOG NAUČNIKA BURATTINIA FRANCUSKOM  
ASTRONOMU BOULLIAU-U

Među korespondencijom francuskog astronoma Ismael Bouillau-a, koja se čuva u Nacionalnoj Biblioteci u Parizu pod br. T. 23 nalazi se i jedno veoma važno pismo za našu nauku, specijalno astronomiju, koje nosi broj 249 i datirano je 7 oktobra 1672 godine. Pisao ga je italijanski naučnik T. Burattini, prilikom svog boravka u Varšavi, poznatom astronomu onog doba, Francuzu Boulliau-u, povodom Newtonovog otkrića teleskopa. Pismo ima 8 stranica in 4<sup>o</sup> od kojih su za istoriju naše astronomije važne tri stranice. Pismo je pisano na italijanskom jeziku sa dosta čitljivim rukopisom. Ono je važno po tome, što govori o dvojici naših naučnika Getaldiću i Daničiću.

Marin Getaldić (1566—1626), Dubrovčanin, uz Boškovića je jedan od naših najvećih naučnika. O njemu je vrlo mnogo pisano kod nas i svako lako može doći do literature o njemu objavljene u Hrvatskoj. To je razlog što se na njemu nećemo mnogo zadržavati. Prve škole uči u Dubrovniku, zatim odlazi u Rim i Luven gde izučava matematiku. Postaje odličan poznavalac matematike onoga doba. Prijatelj je francuskog matematičara Viéte; Prethodnik je Descartesu u analitičkoj geometriji, kao što to potvrđuju Kästner, Loria, Gelšić i Wieleitner. Bio je vrlo dobar fizičar, koji je prvi odredio eksperimentalno specifične težine dvanaest tela. Bavio se naročito optikom, u kojoj je postigao sjajne rezultate i radio je na izradi parabolčnih ogledala.

Izvan dubrovačke tvrđave imao je kuću, koja je bila podignuta na jednoj špilji, koja je nosila naziv »Betina Špilja«. Zgrada sa lepom baštom služila je Getaldiću, za rad i uglavnom odmor posle teških političkih trzavica u dubrovačkom senatu, koji ga je mnogo zamarao. To je valjda i bio razlog, što je na svojoj kući stavio

latinski natpis čiji prevod glasi: »Ulazeći u ovaj dom treba napustiti zavist, svađe i brige. Mir i spokojstvo su osigurani ovim lepim vrtom.« Ispod doma bi'a je velika špilja, koja je Getaldiću služila za njegove eksperimente iz optike. Tu je on glačao svoja parabolčna ogledala, hvatao u njih sunčeve zrake i upućivao ih na pučinu, gde su krstarile ribarske barkice. Ove, pogođene odbijenim zracima sa parabolčnih Getaldićevih ogledala, bile bi obično, po pričanju, upaljene i ščezavale u plamenu i moru. Sve je to ulilo neki strah kod ribara, tako da se nisu smeli da približuju špilji, na kojoj je bila sagrađena kuća velikog dubrovačkog naučnika. Iz straha, oni tu špilju prozvaše »Betinom špiljom«, jer je sam Getaldić bio nazvan »Betom«, t. j. vračom ili magom, koji je, kao što to navodi Cerva u svojim »Biblioteca Ragusina«, 1741, III, 61, palio lađe, čitao sudbinu iz zvezda i »upravljao elementima«.

Glačajući ogledala, izgleda da je Getaldić došao na ideju teleskopa. Kako? O tome nam govori sledeće pismo Burattinija Francuzu Boulliau-u:

Varšava, 7 oktobra 1672.

Gospodine,

*ljubaznošću Vašeg Gospodstva, gospodine, dobio sam ne samo crtež već i opis teleskopa, koji je izumio g. Newton, a na čemu sam Vam veoma zahvalan. Pronalazak je veličanstven i služi ogromnoj slavi onoga, koji ga je pronašao. U Dubrovniku, koji se nekada zvao Epidavr, najstariji i najslavniji grad Ilirije, otadžbine Eskulapa, postoji još i danas jedan sličan instrumenat — ukoliko ga nije uništio poslednji zemljotres — pomoću koga se lađe mogu videti na razdaljini od 25 do 30 italijanskih milja, koje plove Jadranom, a koji ih instrumenat toliko približi, da ih vidimo kao da su u samom Dubrovniku.*

*Baš sam se nalazio u Beču, 1656 godine, kada mi je o ovome instrumentu govorio neki Dubrovčanin u prisustvu g. Paula del Buona, koga poznaje i Vaše gospodstvo, a koji je govorio (Dubrovčanin, op. autora) kako pomenuti instrumenat ima izgled suda za merenje žita.*

*Pomenuti Dubrovčanin nije znao da objasni izradu ovoga instrumenta i g. Paul i ja verovali smo, da je to izmišljotina, pa nismo više ni mislili o tome.*

*Pre nekoliko godina, Dr Aurelie Gisgoni, glavni lekar njenog veličanstva carice Leonore, koji je nekih 8—10 godina bio lekar u Dubrovniku, doputovao je u Varšavu. Govoreći mi o strahovitom*



zemljotresu, koji je zadesio Dubrovnik, reče mi posle dužeg govora: Bog će sveti znati, da li nije propao, među tolikim retkostima koje su se nalazile u Dubrovniku, i veličanstveni instrumenat, koji se po predanju pripisuje Arhimedu, pomoću koga su lađe, posmatrane na razdaljini od 25—30 milja približavane toliko, da su izgledale, kao da se nalaze u samoj luci. Upitao sam ga, kako je izgledao taj instrumenat, a on mi je odgovorio, da je imao oblik jednog doboša bez dna pomoću koga se posmatralo sa jedne strane, i dodao je, kako predanje kaže, da ga je pronašao Arhimed. Prisećam se reči, koje mi je u Beču, 56-te izrekao Dubrovčanin i nalazim, da između jednog suda za merenje žita i jednog doboša bez dna, po meni, nema nikakve razlike, sem u imenu. Pomenuti doktor još živi i uvek je kao i u prošlosti, u službi njenog veličanstva carice. Što me naročito čudi je to, kako da jedna tako veličanstvena naprava nije bila dosada popularisana iako su mnogi slavni matematičari (misli na Dubrovčane — op. autora) živeli izvan Dubrovnika, kao što su u prošlosti bili Marin Getaldić i mnogi drugi, a u naše vreme g. Hodierna, koji, kao što verujem, živi još i stanuje u Palermu, na Siciliji, a ni jedan, koliko je meni poznato nije spomenuo ovaj instrumenat. Međutim, g. Hodierna je pisao o Arhimedu, o teleskopima i mikroskopima. Ja Vam ne govorim ovo da bih umanjio slavu g. Newtona, ali sam duboko iznenađen, da je jedno takvo otkriće moglo ostati sakriveno toliko godina i verujem još, da je ta naprava, kao što su to pisali mnogi pisci bila vlasništvo kralja Ptolomeja na kuli Farosa iznad luke u Aleksandriji, pomoću koje su se videli na razdaljini od 50—60 milja brodovi na moru; ova se naprava najzad izgubila za vreme propasti rimskog carstva, ali sačuvana i sakrivena u Dubrovniku, kako mi g. Gisgoni reče, da se nalazi pod čuvanjem jednog sudije, na nekoj kuli.«

Dakle, stvar je jasna. Boulliau i Burattini bili su u prepisci. Kada je Newton pronašao svoj teleskop, Boulliau koji je to čuo saopštava taj revolucionarni pronalazak Burattiniu, koji je takođe glačao stakla i konstruisao instrumente. Ovaj, nije ni malo bio iznenađen Newtonovim pronalaskom. I piše . . . piše o »Dubrovačkom durbinu« svakako teleskopu Marina Getaldića, koji je mnogo pre Newtona glačao prvo parabolično ogledalo. I ako je tačno, da su se lađe na razdaljini od nekih tridesetak milja koje su plovile na pučini Jadrana vidile »kao da su u luci« kao što se navodi u pismu Burattinia, onda svakako, kao što je već primetio O. Kučera, da se u slučaju »Dubrovačkog durbina« radilo o prototipu teleskopa: na dnu »doboša« nalazilo se parabolično ogledalo i realna

slika lađa na pučini dobijala se pomoću jedne lupe. Što se taj instrumenat pripisuje Arhimedu, kao što to kazuje narodno predanje, to nas ne treba da iznenađuje, jer je poznato, da je pomoću paraboličnih ogledala Arhimed našao lađu neprijatelja, a kako je to isto i Getaldić činio u svojim eksperimentima, bilo je prirodno, da se ta magična naprava pripiše Arhimedu, a ne njenom tvorcu Getaldiću.

Sada, da pređemo na drugog našeg čoveka o kome se govori u Burattinijevom pismu. To je Ivan Daničić, koji je u nauci poznat pod imenom *Hodierna*. Kako se o njemu zna kod nas vrlo malo ili skoro ništa to ćemo se malo više zadržati na tom našem astronomu, Dubrovčaninu. Mesto rođenja ovog našeg stručnjaka (rođen 1597, umro 1660) smatrano je kao neizvesno. Jedni smatraju da je rođen u našem Dubrovniku, kao što su Poggenдорff i Ljubić (1), drugi, kao što su Lalande, Michaud (2) smatraju da je rođen u Ragusi na Siciliji, a ne našoj, dalmatinskoj. Ima i takvih, kao što je Piazzzi (3) koji govoreći o Daničiću-Hodierni ne spominju mesto gde je rođen. Da je Hodierna-Daničić naš čovek mogu se naći mnogi dokazi od kojih evo nekoliko. Reč »odierna«, kako su često nazivali Daničića je italijanska, ali takvo porodično ime ne postoji u Italiji (4) i svakako da ta reč pretstavlja prevod nekog stranog imena, u ovom slučaju našeg. Kod nas postoje Daničići, koji su još živeli u starom Dubrovniku. To ime Daničić, postaje od reči *dan* čiji je diminutiv *danić*, a sin nekoga koji se zove Danić je *Danić+ić*. Dakle, italijanska reč *odierno* (današnji, od *di oggi*) postala je od latinske reči *dies* (dan) što jasno pokazuje da italijansko *Odierno* nije ništa drugo nego prevod našeg Daničić. Isto tako, kako Daničića u literaturi nazivaju i *Hodiernom*, i to je opet prevod, jer reč *hodierno* derivira od latinske reči *hodie*, koja reč ima za koren opet *dies* (dan). Dakle, po značenju reči, jasno je, da je naš Daničić, kao što je bila moda u ono vreme, svoje ime preveo sa *Hodierna* ili *Odierna*. Najzad, još jedan i najvažniji dokaz je taj, što njegov suvremenik Burattini, u ovom pismu, jasno i nedvosmisleno govori o *Hodierni*, dakle Daničiću, kao Dubrovčaninu, dalmatinske Raguse iz koje je i Getaldić i drugi »slavni matematičari koji su živeli izvan Dubrovnika«. Dakle, smatramo, da posle ovoga pisma Burattinijevog, ne može biti više pitanje o poreklu *Hodierna* (*Odierna*, *Hodigerne*, *Aviderne* ili *Oviderne*) — Daničića.

Daničić je napravio brzu i sjajnu karijeru u nauci i u glavnom je poznat kao astronom i matematičar. On je sam konstruisao neke astronomske instrumente, pomoću kojih je određivao položaje zvezda kako bi ih uneo u katalog gde nisu postojale. Na zahtev



vojvode od Palerma, Daničić je pristupio stvaranju astronomskih efemerida na jedan nov način. Bio je pristalica Galilejevih otkrića. On je među prvim astronomima, koji govori sa velikom tačnošću o Sunčevim pegama. Bio je ubeđen da Mesec nema atmosfere i da na ovom nebeskom telu ne postoji nikakav život sličan našem. Iako u njegovo doba astronomski instrumenti još nisu ni izdaleka usavršavani — Newton baš otkriva teleskop — ipak Daničić govori sa velikom tačnošću o maglinama i o dvojnim zvezdama.

U svom delu »*Il nuntio della terra*« koje je objavio u Palermu 1644, tvrdi, oslanjajući se na svoja posmatranja, da ni najveća stajačica ne može imati prividan prečnik veći od dve lučne sekunde.

U svom delu »*De systemate orbis cometici...*« koje je objavio u Palermu 1654, kao što to piše Zach (5) a koje delo Lalande ne spominje u svojoj Bibliografiji, Daničić govori o kometama uopšte i onima koje je on posmatrao 1652 i 1650, — prema modi vremena, a sa gledišta današnje astronomije, to je delo puno grešaka. On tu dokazuje, da putanje kometa leže mnogo dalje od Mesečeve putanje — bilo je koji su govorili obrnuto. — Bio je protivnik Kopernikovog učenja.

Sicilijanci, koji su bili ponosni Daničićem, jer je ovaj bio još i matematičar vojvode od Palerma, smatrali su da je on prethodio Newtonu u spektralnoj analizi svetlosti. Takođe i Wolf (6) kaže: »Poznato je, da je Kepler, kao što se može videti iz njegovog dela »*Dioptrice*« posmatrao svetlost kroz jednu prizmu i primetio tako dugine boje; sličnu stvar je učinio Hodierna«. Međutim, ovo pisanje Wolfa izgleda da je bez osnova, jer Piazzzi (7) koji je ozbiljno proučavao Daničića piše o ovom tvrđenju Sicilijanaca, pa prema tome i Wolfa, svom prijatelju Lalandu, kao o izmišljotini (8).

Daničićovo delo »*Menelogiae Jovis Compedium, seu Ephemerides Mediceorum ad Ferdinandum bis Magnus Hetruriae ducem*«, počinje da nam imenuje astronome, koji su se pre njega zanimali Jupiterovim satelitima, kao što su Schneider, Blancus, Kepler. Po Daničiću, ovi sateliti nisu vidljivi golim okom i pored toga što imaju »sjaj jedne zvezde 6 veličine« zbog velikog sjaja Jupitera. On smatra, isto tako, da elongacija satelita izražena Jupiterovim poluprečnikom nemože biti veći od 45°. Jupiterove satelite naziva farovima zbog njihovog velikog sjaja i prva četiri je imenovao prvim slovima grčke azbuke.

Daničić veruje, da su latitude Jupiterovih satelita, kako ih je dao Galilej pogrešne. Po njemu, sateliti se kreću po putanjama čija je ravan nagnuta prema ravni Jupiterove putanje pod uglom od 45°.

Evo vreme revolucija Jupiterovih satelita prema Daničiću, J. D. Cassiniu, F. Pierescu, Delambreu i Stroobant-u.

Autor	Trajanje revolucije Jupiterovih satelita			
	I	II	III	IV
Daničić	1 d 644953	3 d 560010	7 d 166900	16 d 760104
Cassini (9)	1 d 770139	3 d 575694	7 d 166667	16 d 753472
Pieresc (10)	1 d 769132	3 d 551880	7 d 154548	16 d 688993
Delambre (11)	1 d 644859	3 d 554094	7 d 166412	16 d 757792
Stroobant (12)	1 d 769137	3 d 551180	7 d 154548	16 d 688938

Upoređujući ove rezultate vidimo, da je Pieresc dao vrednosti, koje se malo razlikuju od današnjih. Nikola Pieresc (1580 do 1673) bio je odličan francuski astronom i čim je čuo za otkriće Jupiterovih satelita posmatrao ih je na svojoj opservatoriji u Aix-u u Francuskoj. Iz svojih posmatranja od 7 aprila 1612 on je našao kao vreme za revolucije satelita rezultate koje smo dali gore. Vidimo dakle, da nema skoro nikakvo značajno odstupanje između rezultata Pieresca i Stroobant-a, iako ih deli više vekova.

#### Pieresc-Stroobant

Sat I: — 0'43  
 II: — 0'00  
 III: — 0'00  
 IV: + 0'43

I dok se Pieresc slaže savršeno dobro sa Stroobantom ostali astronomi se razlikuju ogromno od Stroobanta, kao što pokazuje donja tabela:

	I	II	III	IV
	h m s	h m s	h m s	h m s
Daničić	— 0 34 49.59	+ 0 12 42.91	+ 0 17 47.21	+ 1 42 24.42
Cassini	+ 0 1 6.47	+ 0 35 18.01	+ 0 17 26.73	+ 1 32 51.42
Delambre	— 2 48 57.60	+ 0 4 11.60	+ 0 17 0.40	+ 1 33 5.80

Ovo nam pokazuje, da posmatranja Daničića nisu ništa gora od onih iz vremena Delambrea u odnosu na moderna posmatranja.

Što se tiče pomračenja Jupiterovih satelita, Daničić govori, da se za vreme svake revolucije sateliti pomračuju za vreme njihove gornje konjukcije izuzev četvrtog satelita koji, periodično, može da prođe iznad konusa senke. Ovo je prvi zapazio i izneo Daničić. On zatim kaže, da, kada počinje pomračenje četvrtog satelita on

se malo skriva u senci što čini, da su njegova pomračenja kratkog trajanja. Zatim govori, kako se za vreme od 50 dana sateliti pomraćuju više puta i to: prvi 28, drugi 14, treći 7 i četvrti 3 puta što čini u toku godine dana 200 pomračenja prvog satelita, 102 drugog, 51 trećeg i 21 pomračenje četvrtog satelita. Povodom ovog broja pomračenja, Daničić izvlači interesantan zaključak: da se svaki satelit pomrači onoliko puta koliko prevale stepeni za jedan dan.

Daničić je imao ideju (13) mnogo pre Cassinia da su pomračenja Jupiterovih satelita pojave, koje treba brižljivo studirati i posvetio im je više godina svoga života. U svojim »Menelogiae Jovis« on produžuje, kako je osovina konusa senke ustvari produžetak prečnika Jupitera i da ta osovina obrazuje sa pravcem Jupiter—Zemlja, ugao koji je jednak godišnjoj paralaksi Jupitera. Ovaj je ugao naročito važan, jer se pomoću njega može odrediti ulazak i izlazak satelita iz senke. Daničić je posmatrao Jupiterove satelite 5 godina jednu za drugom, tako da ovo njegovo delo *Menelogiae Jovis* čini prvo delo koje je služilo kao baza za sastavljanje tablica pomračenja Jupiterovih satelita. U tom delu nalazimo po prvi put pomračenje prvog Jupiterovog satelita, koje se desilo 27 juna 1652 a koje je Daničić posmatrao u Palermu u 12 č 6 m. U 1655 Daničić je posmatrao

1 septembra	u 14 h 12 m	pomračenje prvog satelita
20 "	u 10 h 13 m	pomračenje drugog satelita
25 jula	u 13 h 9 m	pomračenje drugog satelita
25 "	u 14 h 1 m	pomračenje trećeg satelita
22 avgusta	u 20 h 44 m	pomračenje četvrtog satelita

Daćemo još ovde dnevno uglovno kretanje Jupiterovih satelita prema Daničiću, Cassiniu i Pieresceu:

Autor	Dnevno uglovno kretanje			
	I	II	III	IV
Daničić	203° 23' 44"	101° 17' 21"	50° 13' 52"	21° 28' 43"
Cassini	203° 29' 24"	101° 22' 28"	50° 19' 22"	21° 34' 16"
Pieresc	202° 58' 43"	101° 32' 18"	50° 21' 46"	21° 32' 19"

Vidimo, da su razlike manje više vrlo velike i vredno je napomenuti da su rezultati Daničića neverovatno tačni i da zadovoljavaju sa 35" Laplaceovu teoriju (14) dok se vrednosti Cassinia i Pieresca mnogo razlikuju. Ovo je naročito čudno za posmatranje

Palermo li 7 di Agosto 1652

14

Moriam

Dalla perorazione di V. mio figlio ho osannato non solo il disegno  
ma ancora in declinatione del tubo q'ist'ottico inventato dal  
s. Newton & che per me vado in ista parte & l'invenzione  
& l'istesso & di per gli altri a quello che l'ho trovato. In questa  
mi anticipando con gli altri antichissimi & famosissimi libri dell'  
Albergo pastore d'ist'ottico contengono uno el giorno d'oggi una  
talia macchina & l'ultimo tentativo non l'ho riuscito con  
ciò quale vado in ista parte di 25 in 20 miglia l'istesso li  
Pavelli, che trattano nel mese d'ist'ottico come quello li  
affidamento tanto che ho a punto, che tiene nel libro  
di Fogli. L'anno 1656 mi trovavo in Vienna, mi da  
un foglio mi fu parlato di quella macchina in ista parte  
del sig. Paolo del tempo conosciuto ho nel, il quale diceva  
che era fatta come una vitura, da viturare il grano,  
ma perche detto foglio non sapete andare a vedere come  
era fatta, il sig. Paolo, et io giudicavo, che fosse una  
falsa, et io mi sia in ista parte. Da anni sono che qui  
in Mantova il sig. Dottore Anselmo Pignoni & medico della  
Città dell'Imperatrice Leonora, che otto o dieci anni continui  
ha fatto, et osservato la sua professione nella Città di Foggia  
in il quale dicommo mese del secondo tentativo tenuto  
in detta

Prva strana pisma Burrattinija (Vidi str. 243.).



Pierescia čije je trajanje revolucije Jupiterovih satelita bilo izvanredno točno a čije dnevno uglovno kretanje odstupa od Laplaceove teorije za 54' 39".

Ako se u posmatranjima Daničića provlače neke greške to je zahvaljujući rđavom durbinu, kojim je raspolagao. Napominjemo, da je Daničić bio prvi naš astronom, koji je bio i posmatrač.

Njegova su dela :

- 1) *Universae facultatis directorium physico-theoricum, opus astronomicum in quo de promissorum ad significatores progressionibus physicae, agitur, Palermo 1629.*
- 2) *Archimede redevito contra la statera del momento, Palermo 1644.*
- 3) *Il nuntio della terra, Palermo 1644.*
- 4) *Thaumante miraculum seu de causis quibus objecta singula per trigoni vitrei transpicuam substantiam visa elengatissima colorum varietate ornato cernuntur, Palermo 1652.*
- 5) *De systemate orbis cometici deque admirandi coeli characteribus, Palermo 1654.*
- 6) *Mediceorum Ephemerides, nunquam tractemus apud mortales editae, cum suis introductionibus, in tres partes distinctis. Menelogiae Jovis compendium, Palermo 1656.*
- 7) *De admirandis phasibus in sole et luna visis Poneratione opticae, physicae et astronomicae in questione incidentes inter observandum solis eclipsis, Roma? 26. jan. 1656, Palermo 1656.*
- 8) *Protei coelestis virtigines seu Saturni systema, Palermo 1657.*

\*

#### LITERATURA:

- (1) Poggendorf, Biographisch - litterarisches Handwörterbuch, Leipzig 1863, 1145—46.
- Gliubich S., Dizionario biographico degli uomini illustri della Dalmazia, Vienna 1856, 229—230.
- (3) Lalande, Bibliographie astronomique, Paris 1803, 242.
- Michaud, Biographie universelle, Paris, 1811, T. XIX, 491—2.
- (3) Piazzi G., Della specola astronomica, Palermo 1792.
- (4) Boccardo G., Nuova enciclopedia italiana, Torino. Ova enciklopedija ne sadrži ni jednu reč čiji je koren Hodierna ili Odierna. Ne sadrži čak ni ime ovog naučnika i ovaj zaborav pokazuje samo koliko je ime Hodierna strano Italijanima.
- (5) Zach. Monatliche correspondenz, Gotha, 1818, T. II, 265.
- (6) Wolf R., Handbuch der Astronomie, Zürich 1892, T. II. 329.
- (7) Piazzi G., op. cit 22—25.
- (8) Lalande, op. cit. 242.
- (9) Delambre, Histoire de l'astronomie moderne, Paris 1821, T. II. 785.

- (10) *Bigourdan G.*, Sur le divers travaux de Pieresc. C. R. de l'Academie des Sciences de Paris, 1916, T. 162, 531.
- (11) *Delambre*, op. cit. 329.
- (12) *Stroobant P.*, Précis d'astronomie, Paris 1933, 125.
- (13) *Delambre*, Histoire de l'astronomie au XVIII<sup>e</sup> Siècle, Paris 1827, 270. *Zach*, Monatliche correspondenz, Gotha 1818 na strani 478 kaže: Hodiernina posmatranja poslužila su Cassiniu da usavrši svoje tablice Jupiterovih satelita. Evo kako on sam kaže o svom životu str.298: »u eferidama koje sam dao javnosti 1668. posvećene kardinalu Raspighliozu upotrebio sam jedino moja posmatranja i nekoliko Hodierninih koja su se slagala dosta dobro s mojima.«
- (14) *Delambre*, Histoire de l'astronomie moderne, T. II., 330.

\*

PREPIS PISMA BURATTINI-A BOULLIAU-U

Varsavia li 7 di ottobre 1672.

Monsieur

Dalla gentilezza di Vostra Signoria mio signore ho ottenuto, non solo il disegno ma ancora la dichiarazione del tubo catoptrico inventato dal signor Newton di che gli ne rendo vivissime gratie. L'invenzione è bellissima, e di gran gloria a quello che l'ha trovata. In Ragusa a che anticamente era Epidaurò antichissima e famosissima città dell'Ilirio patrio d'Esculapio conservano sino al giorno d'oggi una tale macchina (se però l'ultimo terremoto non l'ha ruinata) con la quale vedono in distanza di 25 in 30 miglia Italiani li vasselliche transitano nel mare Adriatico con la quale li approssimano tanto, che pare appunto, che siano nel porto di Ragusa. L'anno 1656 mi trovavo in Vienna, ove da un Raguseo mi fu parlato di questa macchina in presenza del signor Paolo del Buono conosciuto da Vostra signoria il quale diceva che era fatta come una misura da misurare il grano, ma perchè detto Raguseo non sapeva rendere ragione come era fatta; il signor Paolo, et io giudicissimo, che fosse una favola, et io mai più vi pensai. Da anni sono fu qui in Varsavia il sign. dottore Aurelio Gisgoni primo medico della Maestà dell'Imperatrice Leonora che otto o dieci anni continui ha fatto et esercitato la sua professione nella città di Ragusa, il quale discorrendo meco del tremendo terremoto seguito in detta città, mi soggiunse poi dopo un lungo discorso queste formali parole: Dio sa se fra tante rarità che erano in Ragusa non si sia persa quella meravigliosa macchina che per tradizione avevano che fosse fatta d'Archimede, con la quale vedevano li vaselli in mare in distanza di 25 in 30 miglia e con tanta essatezza come se fossero nel porto. Io li dimandai come era fatta, et esso mi rispose che era fatta come un tamburro senza un fondo, nella quale si guardava da un lato e mi soggiunse che per tradizione havevano, che fosse stata fatta d'Archimede. A me venne in memoria il discorso fattomi in Vienna dal Raguseo l'anno 56 perchè da una misura da grano et un tamburro senza un fondo non m'è niuna differenza se non nelli nomi. Vive ancora il sign. dottore et è come in passato in servizio della Maestà dell'Imperatrice, ma quello di che io mi maraviglio, è, che una macchina così meravigliosa non sia stata propalata sino al giorno d'oggi, e fuori di Ragusa sono riusciti matematici illustri come in passato è stato Marino Getaldo e molti altri et a tempi nostri Mons. Hodierna che credo vive ancora e dimora in Sicilia

nella città di Palermo e pure niuno di questi ha fatto menzione di detta macchina per quanto è a mi notizia, e pure Mons. Hodierna ha scritto sopra Archimede, e sopra li thelescopii e microscopii. Io non faccio questo racconto per levare la gloria al sign. Newton, ma mi maravigliavo sommamente come una invenzione così meravigliosa sia stata occultata tanti anni, et io, credo ancora, che una tale macchina fosse quella, che si legge in diversi autori, havevano li Re Tolomei sopra la torre del Faro posta sopra il porto d'Alessandria, con la quale vedevano li vaselli in mare in distanza di cinquanta e sessanta miglia, persa poi nella declinatione dell'Imperio Romano, ma mantenuta, et occultata nella città di Ragusa, havendomi detto il sign. dottore Gisgoni che era custodita da un tale magistrato sopra una torre.

Questa d'Inghilterra ha la proporzione più stretta, che non è od era quella di Ragusa, a perchè per prova vediamo che li specchi visori fatti di metallo sono tanto migliori quanto più sono larghi, come per prova si vede di quello fatto da Mr. Vilette in Lione, che sento hora essere nelle mani del re christianissimo, così io credo che quanto lo specchio obiettivo riceverà più raggi tanto sarà più eccellente. Ho scritto questo mio pensiero al signor Hevelio che ne fabrica presentemente uno, et esso ancora stima che li più lunghi siano li migliori. Pensa de farne d'hyperbolici e de parabolici, ma io credo che li sferici saranno migliori de tutti. Fa ancora il sign. Hevelio la tromba sonora inventata similmente in Inghilterra e di questa ancora ne attenderò la riuscita sapendo io bene che il sign. Hevelio la farà esquisitamente.

Consegnai al sign. Des Noyers il vetro obiettivo di braccia 35 che sono appunto 70 piedi romani Capitolini. Li oculari sono riusciti imperfetti; cioè con tortiglioni e però ne convengo fare delli altri, come farò subito, che io sia un poco libero dalli affari presenti, havendomi la Maestà Serenissima del re mio signore dato in questi tempi così calamitosi la carica di Comandante di Varsavia, molto a me grave ma bisogna obediare al Patrone. Quando dunque sarò un poco più libero non mancarò di servirla ancora delli oculari benchè di questi se ne trova da per tutto, non essendo difficili a farsi quando si ha buon vetro, ma è una cosa molto desgustevole dopo che si è fatto un lavoro con somma diligenza trovarlo poi tutto difettoso come a me succede molte volte. Anche molti vetri piani paiono belli, ma poi quando sono ridotti alla convessità fanno dovere li loro difetti che prima tenivano occulti. Havevo li anni passati un bellissimo pezzo da cristallo da monte, largo on diametro tre oncie, o siano polsi e grosso uno; di questo mi venne volutà di fare una lente convessa da tutte doi le parti, e dopo haverla perfetionata con non poca fatica mi trovai dentro un infinità di tortiglioni tanto per il lungo, quanto per lo traverso come a punto una graticola et havendolo applicato ad un obiettivo fatto di vetro comune di Venetia vedomo gli oggetti tutti gratiolatti, e così la mia fatica fu fatta in vano; così segue ancora nelli vetri comuni, li quali quando sono piani non mostrano li difetti ma poi quando sono lavorati convessi li scuoprono tutti, e di questi io ne ho una gran quantità.

Circa poi il discorso da me fatto a Vostra signoria della superfittie piana che mi persuade di dare in luce, li dirò haverlo già scritto in una mia operetta della dioptrica, cinque in sei anni sono, nella quale mostro il modo di fare, tanto le forme piane quanto le sferiche senza l'aiuto di qual si voglia stromento; dico tanto le piane quanto le concave e sovesse,



e sapi ancora, che per fare una superfittie piana non si puo perfettere se non se ne fa tre nel medesimo tempo, e tutte perfetissime, e questo basta d'accennare ad un gran mathematico come e Vostra signoria. Le sferiche tanto concave quanto convesse sono infinitamente più facili a farsi ma le piane sono asai più difficili, ma però non impossibile a farsi; ma già che siamo entrati in questo discorso delle superfittie mi perdonerò se sarò un poco longo in significarli qualche accidente da me osservato in materia delle superfittie, et è che qual si voglia superfittie fatta con la maggior diligenza del mondo è ad ogni modo sottoposta a guastarsi da se medesima, o per causa d'un calore troppo grande, ovvero per causa d'un troppo gran freddo. Li vetri ancora quando si lavorano con troppa velocità, ricaldandosi perdono la figura, e sopra questi accidenti potrei componere un grosso libro. Concluderò questa mia lunga lettera con darli notizia d'una machina che fa in Vilna il sign. colonello Fridiani, benissimo conosciuto da Vostra signoria, che stava meco in Iaszdowa quando lei era in Polonia. Questo signore per la sua peritia nell'artiglieria, è stato fatto colonello di questa nel Gran ducato di Lithuania ove ha buon stipendio et ivi fa la sua dimora. Vicino a Vilna passa un fiume molto rapido e profondo, che si chiama Wilia, il quale ha le sponde assai alte, et è largo quattrocento piedi. Sopra questo quasi ogni anno facevano un ponte di legno sostenuto da grossi pali fitti nel letto di detto fiume, ma nella primavera, e per l'escrescenza dell'acque e per la violenza del giaccio, quasi ogni anno era portato via, e la spesa era di circa cinquanta milla fiorini annui. Trovandosi esso in Vilna l'anno passato, et havendo considerato la larghezza del fiume insieme con altre circostanza, propose al magistrato di quella città di farne uno con la medesima spesa, a che sarebbe durato cento e più anni; cioè quanto potesse durare il legname. Fu accettato il partito, et havendo fatto condurre la materia, l'ha fatto fare tutto in un arco, senza nissun sostegno nel mezzo, non regendosi, che sopra le doi estremità, la qual machina rende meraviglia a tutti quelli, che la vedono; così per la sua smisurata longhezza, come ancora di essere lastricato di piera, e tutto coperto. E' solo un gran danno, che non sia in qualche città, nella quale siano uomini ingegnosi, che possino ammirare l'ingegno dell'inventore. Io non credo che in tutto il monde ve ne sia un simile d'un sol arco, ne che mai vi sia stato. Io lo consiglio di farne il disegno, e di farlo stampar, acciò tutte le nationi possino godere d'una così bella e facilissima inventione. Non constarà, che venti cinque in trenta mille fiorini, che prima ogni anno ne spendevano quaranta cinque in cinquanta milla.

Il sign. Gran Thesoriere del regno Morstin fa fabricare, qui in Varsavia un bellissimo palazzo et appresso a questo ha un giardino con piante molto rare, ma non ha acqua. Io per mio passatempo ho fatto un modeletto d'una machina hydraulica per sollevare l'acqua a forza di vento, venticinque in trenta braccia, et havendola veduta S. E. mi ha pregato, che gli la faccivn grande, come ho fatto. Questa machina sta chiusa in una torre, et è coperta, e si volta sempre per un vento sia il vento o da settendricone, o da mezzogiorno, o da levante, ovvero da ponente, perchè la girandola o sia banderolla è quella, che regola tutta la machina. L'acqua non viene condotta alla sommità della torre con le pompe ma con secchielli, che quelle facilmente si guastano e questi durano molti anni, e se qualche d'uno si guasta, li altri non mancano di fare l'offitio loro. Con questa machina con pochissimo vento si conduce

di sopra nel recetacolo nel tempo di 24 hore quattro in cinque milla botte d'acqua, e la superflua riccade nel pozzo. Non occorre che niuno vi assisti, perchè da per se fa tutte l'operationi necessarie a farsi, la qual cosa sopra tutte l'altre viene stimata. Prego la bontà di Vostra signoria di perdonarmi, se la trattengo in cose di così lieve materia, ma la mia umanità me ne dà l'ardire. Finisco con pregarli da Dio il colmo d'ogni maggiore felicità, e mi confermo

di Vostra signoria mio signore

devotissimo et obligatissimo servitore

Titolivio BURATTINI

*Prepisao sa faksimila Dr. Drago Sikirič, asistent historiskog Instituta J. A. Z. U.*

Ivan Atanasijević:

## O SUNCU

(kratak pregled osnovnih činjenica i posmatračkih metoda)

### 1. Osnovni podaci o Suncu

Sunce je pravilnog loptastog oblika. Merenjem nije sa sigurnošću ustanovljena nikakva razlika između njegovog polarnog i ekvatorskog poluprečnika. U uglovnoj meri i pri otstojanju od 1 astronomske jedinice iznosi srednji prividni Sunčev poluprečnik  $R''_{\odot} = 1919''$ , 3.

Pravi možemo lako izračunati znajući vrednost astronomske jedinice (1 astron. jed. =  $1,49 \times 10^{13}$  cm), jer je pravi Sunčev poluprečnik  $R_{\odot} = a \sin R''_{\odot}$ . Dobija se da je pravi Sunčev poluprečnik

$$R_{\odot} = 6,95 \times 10^{10} \text{ cm} = 695.000 \text{ km.}$$

Poznati obrasci geometrije omogućuju da sračunamo površinu i zapreminu Sunca. Lako se nalazi da je

$$\text{Sunčeva površina } S_{\odot} = 6,07 \times 10^{22} \text{ cm}^2,$$

$$\text{Sunčeva zapremina } V_{\odot} = 1,41 \times 10^{33} \text{ cm}^3.$$

Pređimo na određivanje osnovnih fizičkih karakteristika Sunca. Njegovu masu možemo izračunati ovako. Usvajimo da je Zemljina putanja kružna, što smemo učiniti bez velike greške. Centralno ubrzanje dato je tada, kao što je iz elemenata fizike poznato, izrazom

$$\frac{v^2}{a}$$
  
( $v$  = brzina Zemlje =  $\frac{2\pi a}{T}$  gde je  $T$  trajanje godine,  $a$  = astronomska jedinica = poluprečnik putanje). Ovo ubrzanje jednako je ubrzanju od Sunčevog privlačenja, za koje zakon gravitacije daje

$$G \frac{M_{\odot}}{a^2}$$

( $G$  = Gravitaciona konstanta =  $6,68 \times 10^{-8}$  cgs,  $M_{\odot}$  masa Sunca). Izjednačimo ova dva izraza, rešimo dobijenu jednačinu po  $M_{\odot}$ , uvrstimo u nju date vrednosti. Dobićemo lako da je

$$M_{\odot} = 1,98 = 10^{33} \text{ g.}$$

Izlišno je naglašavati da gustina Sunca ne može biti ista u svim njegovim delovima, ali je ipak od interesa znati njenu srednju vrednost. Deobom mase zapreminom dobijamo da je

$$\text{srednja Sunčeva gustina} = 1,41 \text{ g/cm}^3.$$

Iako je ova vrednost veća od gustine vode, treba prihvatiti da je Sunce u gasovitom, a ne u tečnom stanju. Ovo važi i za centralne njegove oblasti gde je gustina još mnogo veća. Dalji važan podatak u vezi je sa ukupnom energijom koju Sunce u vidu zračenja raznih talasnih dužina emituje u prostor. Nađeno je da bi površina od jednog kvadratnog santimetra, upravna na pravac Sunčevih zrakova, na rastojanju od jedne astronomske jedinice, primala u minuti 1,90 gram-kalorija. Ova veličina zove se *solarna konstanta*. Zabeležimo, dakle, da je

$$\text{solarna konstanta } S = 1,90 \text{ g cal/cm}^2 \text{ min.}$$

Ukupno Sunčevo zračenje u minuti očigledno je jednako proizvodu solarne konstante i površine lopte poluprečnika 1 astronomske jedinice. Ako još za jedinicu vremena uzmemo, kao obično, 1 sec., dobićemo da je

$$\text{ukupno Sunčevo zračenje u sekundi } L_{\odot} = 3,72 \times 10^{33} \text{ erg/sec.}$$

Kako nema razloga da se pretpostavi da bi se energija oslobođena u Sunčevoj unutrašnjosti na putu do površine negde zadržavala i nagomilavala, daje nam gornji broj ujedno i količinu energije koja se u jednoj sekundi oslobodi u Sunčevoj unutrašnjosti. Izvesno je da je ovo oslobađanje energije ograničeno samo na duboke slojeve Sunca, ali je od interesa izračunati srednju izdašnost jednog grama Sunčevog materijala, to jest onu količinu energije koju bi trebalo da oslobodi svaki gram da bi se dobilo izvedeno ukupno zračenje. Očigledno je

$$\text{srednja izdašnost } \bar{\epsilon} = 1,88 \text{ erg/sec g.}$$

Zabeležimo još da je ukupno zračenje

$$1 \text{ cm}^2 \text{ Sunčeve površine} = \frac{L_{\odot}}{S_{\odot}} = 6,13 \times 10^{10} \text{ erg/cm}^2 \text{ sec.}$$

dato izrazom

$$E = \sigma T^4, \sigma = 5,75 \times 10^{-5} \text{ CGS,}$$

gde je  $T$  apsolutna temperatura crnog tela. Temperatura crnog tela koje bi po kvadratnom santimetru i u sekundi zračilo istu količinu energije koju zrači Sunčeva površina naziva se *efektivna tempera-*



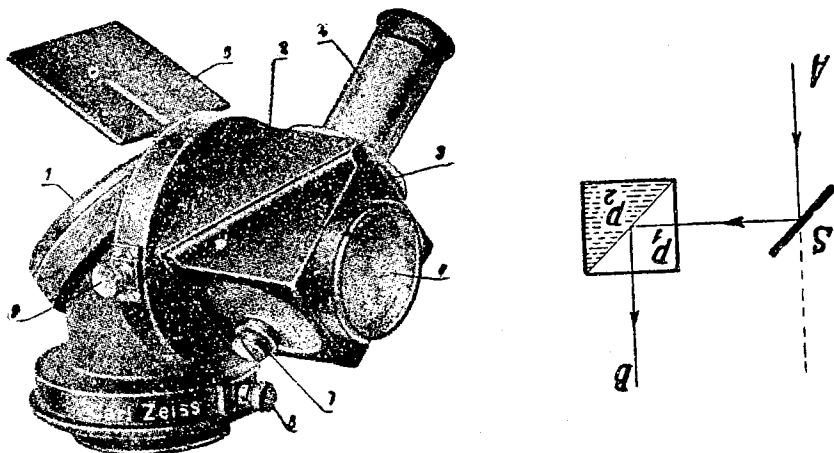
ratu Sunca. Pomoću Stefan-Boltzmann-ovog zakona i prethodne vrednosti za  $L_{\odot}/S_{\odot}$  može se odmah naći da je efektivna temperatura Sunca  $T_e = 5700^{\circ} \text{K}$ .

Navedimo još da je u (fotovizualnoj) skali prividnih veličina (Woolley, Gascoigne)

Sunčeva prividna veličina	- 27,07,
Sunčeva apsolutna veličina	+ 4,52,
Spektralna klasa Sunca je	dG2.

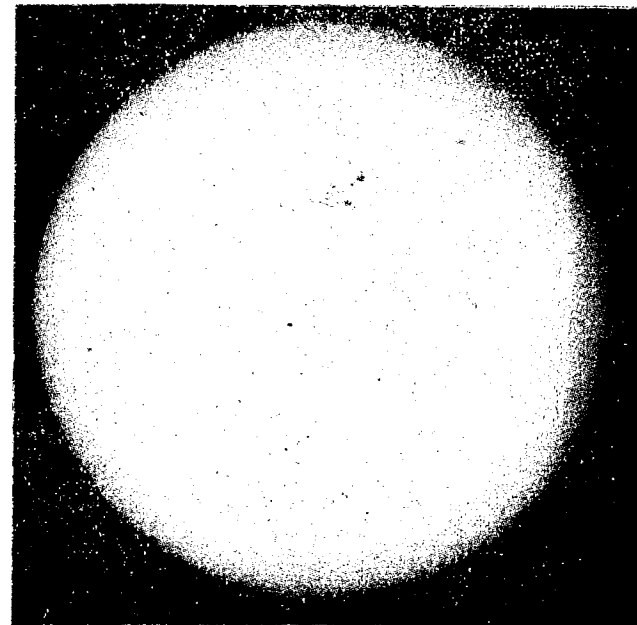
## 2. Posmatranja Sunca durbinom (Posmatranja u beloj svetlosti)

2.1. *Metode posmatranja.* — Pri posmatranju Sunca treba oko posmatrača zaštititi od jakog osvetljenja, a eventualno i optičke delove od preteranog zagrevanja. Zbog ovog poslednjeg preporučuje se, da se otvor objektiva dijafragmom smanji približno na polovinu. Za slabljenje svetlosti najprostije je upotrebiti (neutralno obojena) tamna stakla. Na opservatorijama se pri posmatranju Sunca skoro isključivo upotrebljava *Colzi-jev* helioskopski okular (sl. 1). Snop zrakova A iz objektiva pada na (klinasto izbrušenu)



Sl. 1. — Colzi-jev helioskopski okular. Put zrakova u okularu; spoljni izgled okulara: 1 — staklena ploča (S), 2 — Staklena prizma ( $P_1$ ), 3 — prizma ispunjena tečnošću ( $P_2$ ), 4 — okular (B).

staklenu ploču S gde najveći deo biva propušten, a manji odbijen i dospeva u složenu prizmu  $P_1P_2$ . Ova se sastoji iz pravouglo staklene prizme i komore napunjene tečnošću čiji se indeks prelamanja samo malo razlikuje od indeksa prelamanja prizme. Zbog



Snimak 1. — Sunce 11. septembra 1939. god. Snimio A. Bertoto (Beograd) ogledalom sopstvene izrade, žižna daljina 7 metara.

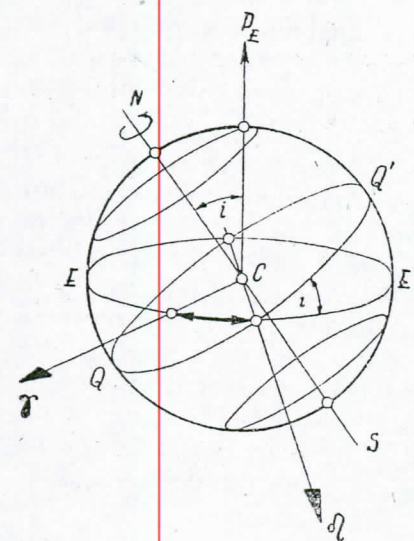




Snimak 2. — Sunce snimljeno u svetlosti linije  $K_3$ , 25. marta 1949. god. (opservatorija Meudon). Iz *l'Astronomie*, februar 1951 god.

toga će na hipotenuznoj ravni prizme biti odbijen samo mali deo upadne svetlosti koja dospeva u okular B. Obrtanjem dela sa prizmom i okularom oko upadnog zraka  $SP_1$  kao osovine može se jačina svetlosti koja ulazi u okular još nešto menjati (polarizacija!). Ako možemo da se odrekemo posmatranja sitnih pojedinosti prostije ćemo postupiti na ovaj način. Iza okulara se postavi zaklon. Izvlačenjem okulara iz njegovog normalnog položaja dobija se na zaklonu uvećan Sunčev lik (okular deluje kao projekcioni objektiv). U principu se ovako vrši i snimanje Sunca. Pri tom na mestu zaklona stoji fotografska ploča (na okular staviti obojeno staklo; najbolje primeniti tzv. Schlitzverschluss). Snimanje Sunca neposredno u žiži (fokusu) kakvog sočiva ili ogledala ima smisla samo kada im je žižna daljina velika, jer je, približno, prečnik Sunčeve slike u santimetrima jednak žižnoj daljini u metrima.

Snimak 1 (prilog van teksta) načinio je *A. Bertoto* (Beograd) ogledalom sopstvene izrade (žižna daljina oko 7 metara).



Sl. 2. — Uz definiciju nagiba Sunčeve obrtne osovine i longitude uzlaznog čvora.  $EE'$ : presek Sunčeve lopte i ravni ekliptike;  $QQ'$ : Sunčev ekvator;  $NCS$ : Sunčeva obrtna osovina;  $CP_E$ : normala na ravan ekliptike, usmerena ka severnom polu ekliptike.

2. 2. Sunčeva rotacija; heliografske koordinate. — Pomeranje pega po Sunčevom pridnom koturu protumačili su još stari posmatrači obrtanjem Sunca oko osovine. Ovo se obrtanje vrši, kao kod Zemlje i kod većine planeta, sa zapada na istok. Sunčeva obrtna osovina ( $NS$ ) zaklapa sa normalom na ravan ekliptike ( $CP_E$ ) ugao  $i$  jednak uglu između ravni ekliptike i ravni Sunčevog ekvatora. Taj se ugao naziva *nagib* Sunčevog ekvatora prema ekliptici i iznosi  $7^{\circ},15'$ . Položaj obrtne osovine (odnosno ravni ekvatora) u prostoru, u odnosu na ravan ekliptike, nije ovim uglom potpuno određen. Da bi se to učinilo uvodi se još jedan ugao koji se naziva *longituda uzlaznog čvora* Sunčevog ekvatora prema ekliptici. On se može definisati ovako: Ravan ekliptike i ravan Sunčevog ekvatora seku se duž prave (pravca)  $C\Omega$  (koja prolazi kroz Sunčevo



središte C). Svaka tačka na Sunčevom ekvatoru proći će prilikom jednog potpunog Sunčevog obrta dvaput kroz ovu pravu: jednom pri prelasku sa južne na severnu stranu ekliptike, a drugi put pri silasku sa severne na njenu južnu stranu. Uočimo onu polovinu pomenute prave kroz koju se prolazi pri prelazu sa južne na severnu stranu ekliptike (CΩ). Povucimo iz Sunčevog središta još pravu kao proletnjoj tački (cy). Ugao između ove dve prave meren u direktnom smeru i jeste longituda uzlaznog čvora Sunčevog ekvatora prema ekliptici. Njena vrednost za 1950 god. jeste 73<sup>o</sup>,54.

Trajanje obrta za tačku na ekvatoru iznosi 25<sup>d</sup>,380. Zbog Zemljinog obilaženja oko Sunca potrebno je 27<sup>d</sup>,27 da se tačka na Sunčevom ekvatoru vrati u predašnji položaj prema Zemlji.

Rotacija je sporija za tačke severno i južno od Sunčevog ekvatora. Ona isto tako zavisi i od visine uočenog sloja nad fotosferom, i to biva brže u višim slojevima.

Označimo sa  $B_{\odot}$  heliografsku širinu (latitudu) tačke na Sunčevoj površini. Ova veličina definiše se analogno geografskoj širini tačaka na Zemlji. Iz dugih nizova merenja nađeno je da tačka na širini  $B_{\odot}$  za dan opiše luk koji je (u stepenima) dat obrascem

$$\xi^{\circ} = 14^{\circ},37 - 2^{\circ},79 \sin^2 B_{\odot}$$

Da bi se potpuno mogao odrediti položaj tačke na Sunčevoj površini potrebno je još uvesti veličinu koja odgovara geografskoj dužini. Ovde ne možemo postupiti kao kod analognog zadatka za Zemlju, jer nam na Suncu nedostaje stalna tačka. Zbog toga se postupa ovako. Konvencijom se jedan Sunčev meridijan izabira za početni i njemu pripisuje određena brzina rotacije. U takozvanom Carrington-ovom sistemu to je meridijan koji se u srednje griničko podne 1 januara 1854 godine nalazio u uzlaznom čvoru Sunčevog ekvatora. Njegova uglovna (dnevna) brzina rotacije iznosi 14<sup>o</sup>,1844 što odgovara trajanju rotacije za tačku na ekvatoru od 25<sup>d</sup>,380. Počev od tog meridijana računaju se heliografske longituda (dužine).

U ovom Almanahu date su u intervalu od po 3 dana vrednosti koje služe za određivanje heliografskih koordinata pojedinosti na Sunčevoj površini. To su: *pozicioni ugao P* severnog kraja Sunčeve obrtne osovine (računat na uobičajen način), zatim *heliografska širina (B<sub>0</sub>)* i *dužina (L<sub>0</sub>)* središta Sunčevog prividnog kotura. U sam postupak određivanja heliografskih koordinata sa snimka ili crteža (projektovati Sunce na zaklon) ovde ne možemo ulaziti. Čitaoca upućujemo na knjigu M. Waldmeier-a navedenu u popisu literature na kraju članka, kao i na ove knjige:

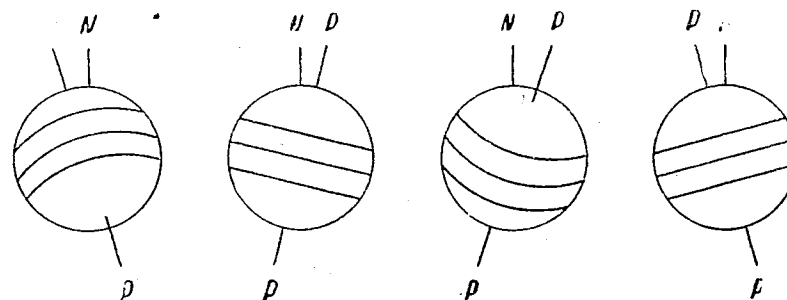
Hevelius, Handbuch für Freunde der Astronomie, red. von J. Plassmann; Dümmler, Bonn, 1920.

Handbuch für Freunde der Astronomie, red. von R. Henseling; Franck, Stuttgart, 1921.

a naročito

Annuaire Astronomique Flammarion 1936.

2. 3. Sunčeve pege i osnovne zakonitosti u vezi s njima. — Sunčeve pege su najupadljivije pojave na Sunčevoj površini. Mogu se pratiti i malim instrumentima, a nisu isuviše retki ni slučajevi kada se osobito velike grupe pega zapažaju i golim okom. Tamniji, središnji deo pega naziva se *senka (umbra)*, nešto svetliji, koji okružuje senku — *polusenka (penumbra)*. Pege se obično javljaju u grupama. Ove su duguljastog oblika sa dužom osovinom nešto na-



Sl. 3. — Položaji Sunčeve obrtne osovine (pp) u toku godine; s leva na desno: 7. marta, 6. juna, 8. septembra, 6. decembra.

gnutom prema (heliografskom) paralelu. Nagib je veći ukoliko je grupa dalje od ekvatora. U toku razvoja grupe međusobni položaj pega menja se. Ponekad se govori o vrtložnom (relativnom) kretanju pega u grupi. Kretanja su znatno veća u longitudi no u latitudi, a kod pege koja prethodi u smeru Sunčeve rotacije (*pega-vodilja*), veće no kod one koja sledi (*pega-pratilja*). Ukupna površina grupe naglo raste u prvim danima njenog razvoja, zatim znatno sporije opada. Pega vodilja duže traje no pega pratilja.

Iako senka pege izgleda veoma tamna, njeno zračenje je intenzivno. Merenjem je nađeno da ukupno zračenje senke iznosi približno 40% zračenja iste površine fotosfere. To znači da bi efektivna temperatura senke bila približno 1000<sup>o</sup> niža od fotosferske. Dodajmo da su u spektru pega relativno pojačane linije čije pobuđivanje iziskuje manju energiju, a oslabljene one čije pobuđivanje zahteva veću energiju. Spektar pega odgovara poznijoj klasi (KO) od spektra fotosfere.

Nekadašnje shvatanje po kome bi pege bile udubljenja u fotosferi danas je potpuno napušteno.

Zabeležimo ovde\* da su pege sedišta veoma jakih magnetnih polja (*Hale* i saradnici). Jačina polja u središtu pege može da dostigne nekoliko hiljada gausa i veća je kod većih pega. U toku razvoja date pege jačina polja isprva naglo raste, dostiže maksimalnu vrednost koju neko vreme zadržava i nakon što površina pege počne opadati, zatim opet naglo opada. U središtu pege linije sila upravne su na Sunčevu površinu, prema ivici nagib osetno opada.

Kod grupa sa jasno izraženom vodiljom i pratiljom imaju ove suprotan magnetni polaritet. Merenja, kakvima su magnetna polja i određena, pokazuju dalje da pored usamljenih pega postoje mesta u kojima vladaju odgovarajuća magnetna polja suprotnog polariteta, iako na tom mestu nema pege. Magnetna polja u vezi sa pegama javljaju se najčešće u parovima, pri čemu je polje vodilje intenzivnije. Polaritet vodilja na severnoj hemisferi suprotan je polaritetu vodilja na južnoj.

Od zakonitosti u vezi sa pegama najpoznatija je promena broja pega u toku vremena (*Schwabe*; *Wolf*). Ovde nemamo pred sobom periodičnu pojavu, te se stoga više ne govori o periodu, već o ciklusu Sunčeve aktivnosti. Razmak između dve uzastopne epohe najvećeg broja pega menja se između 7 i 17 godina. Broj pega u maksimumu, isto je tako promenljiv. Pored smenjivanja jakih i slabih maksimuma zabeleženo je lagano kolebanje maksimalnog broja pega, možda sa periodom od oko osamdeset godina.

Definišimo pre svega kako se izražava Sunčeva aktivnost u pogledu pega. Koriste se dva indeksa. Prvi je *Wolf*-ov relativni broj  $R$ ,

$$R = k (10g + f),$$

gde je  $g$  broj grupa, pri čemu se i svaka usamljena pega računa kao grupa, a  $f$  ukupan broj pega koje se vide. Kako određivanja relativnog broja zavise od instrumenta i posmatrača potrebno je svesti ih na zajednički sistem, zbog čega se uvodi činilac  $k$ .

Treba istaći da posmatranja ove vrste potpuno leže u domaćaju amatera, koji u njima i učestvuju.

Drugi indeks je ukupna površina pega, u datom trenutku izražena milionitim delovima vidljive Sunčeve polulopte. Merenja se vrše na snimcima Sunca.

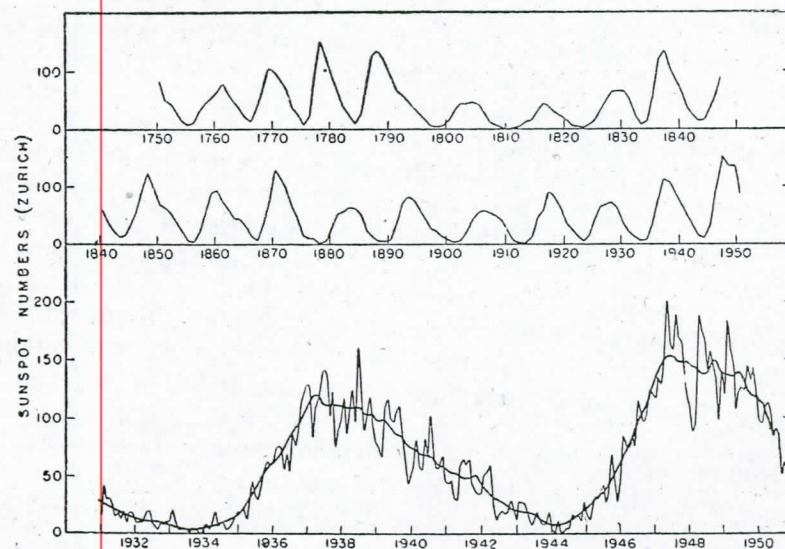
\* Posmatračke metode zasnivaju se na Zeeman-ovom efektu, primenjujane su samo na opservatoriji Mt. Wilson. U Nemačkoj su nedavno razrađene nove metode.

Između ova dva indeksa postoji tesna veza ako se uporede srednje mesečne vrednosti.

Na priloženoj sl. 4 grafički je predstavljena promena relativnog broja pega od 1750—1950 godine.

Primećuje se da je uspon krive brži od pada.

Poznato je da se pege ne javljaju na svim heliografskim širinama, nego naročito između  $\pm 5^\circ$  i  $\pm 40^\circ$ . U ovim pojasevima one se opet grupišu oko neke srednje širine, koja se menja u toku ciklusa Sunčeve aktivnosti. Prve pege novog ciklusa javljaju se na visokim latitudama, dok pege prethodnog još uvek postoje, ograničene na niske latitute. Primetimo da ovo znači da je trajanje



Sl. 4. — Promene *Wolf*-ovog relativnog broja pega od 1750—1950 (gornja kriva). Promene relativnog broja u toku poslednja dva ciklusa: deblja linija — izgladjene mesečne vrednosti, tanja linija — posmatrane srednje mesečne vrednosti (iz *PASP*, vol. 63/1951)

ciklusa, računato od pojave njegovih prvih pega na visokim latitudama do nestanka poslednjih na niskim, duže od razmaka između dva minimuma relativnog broja (ili površine) pega. Zbog pojave pega novog ciklusa broj pega počinje da raste pre no što se stari ciklus ugasio. U toku ciklusa srednja heliografska širina pega monotono opada (*Spörer*), i to tako da određenoj fazi ciklusa odgovara određena srednja heliografska širina.



Rasporedu pega po longitudi posvećen je veliki broj radova. Rezultati se mogu sažeti konstatacijom da u pojedinim vremenskim razmacima postoje aktivne longitude u kojima naročito dolazi do izražaja Sunčeva aktivnost, i to ne samo u pogledu pega, već i drugih pojava na Suncu. U ovom smislu mogu se tumačiti i izvesne pojave zabeležene u geomagnetizmu, u ionosferi, u Sunčevom radio-frekventnom zračenju, pa možda i u kosmičkom zračenju. Išlo se i do tvrđenja da postoji 24 po longitudi ravnomerno raspoređena žarišta (*Deslandres*). Trajanje života aktivnih zona u longitudi može daleko da premaši godinu dana, pa i da započne u jednom ciklusu, a završi se u narednom.

Treba zabeležiti da se posmatranjima u vezi s ovim krugom pitanja kod nas dugo bavio slovenački amater *Ivan Tomec*.

Pomenuto je gore da se u toku vremena obično smenjuju jači i slabiji maksimumi. Ovo bi već moglo biti znak da dva ciklusa u izvesnom smislu čine celinu. Mnogo određenije govore u prilog takvom shvatanju određivanja magnetnog polariteta pega. Tako su u toku ciklusa 1901—1913 god. pege-vodilje severne hemisfere imale južni polaritet, a pege-vodilje južne, naravno, severni. Sa nastupom novog ciklusa (1913—1923 god.) polariteti su se smenili: sada su vodilje severne hemisfere imale severni, a južne — južni polaritet. Smenjivanjem se nastavilo i dalje. U toku ciklusa koji se lagano gasi imaju vodilje na severnoj hemisferi Sunčevoj južni polaritet, a na južnoj — severni. Podvucimo još jednom da pege pratile uvek imaju suprotan magnetni polaritet u odnosu na vodiču.

Drugim rečima u pogledu magnetskog polariteta se prvobitno stanje uspostavlja tek po isteku dva ciklusa.

Istaknuto je gore da promene relativnog broja pega nisu periodičnog karaktera. Izneto je shvatanje po kome bi svaki ciklus ponaosob predstavljao posebnu »erupciju« aktivnosti (*Waldmeier*). U prilog takvog shvatanja govore izvesne relacije koje je našao *Waldmeier*. Tako je na primer, intenzivnost maksimuma, ili najveća srednja mesečna vrednost relativnog broja pega utoliko veća, ukoliko je trajanje uspona od minimuma do maksimuma bilo kraće. Izražena obrascem ima ova zakonitost za parne cikluse nešto drugačiji vid no za neparne.\* Vremenski razmak koji protekne od maksimuma do epohe kada relativan broj pega dostigne izvesnu usvojenu nisku vrednost utoliko je duži ukoliko je maksimum bio intenzivniji. Nađene su još neke slične veze.

\* Počev sa ciklusom koji je započeo posle minimuma godine 1755 ciklusi se numerišu. Tekući ciklus nosi redni broj 18.

Predloženi su empirijski obrasci koji aktivnost u pogledu pega izražavaju u funkciji vremena proteklog od početka ciklusa, i u kojima se javljaju izvesni parametri. Tako bi se kriva koja predstavlja promenu relativnog broja pega u toku jednog ciklusa mogla predstaviti izrazom oblika

$$c \cdot t^a e^{-bt}$$

gde je  $t$  vreme računato od početka ciklusa, a  $a$ ,  $b$ ,  $c$  konstante (*Stewart, Panofsky*).

Ovakvi obrasci dozvoljavaju da se po isteku izvesnog vremena od početka ciklusa sa većom ili manjom sigurnošću predvidi ceo njegov tok.

U vezi sa hipotezom o eruptivnoj prirodi Sunčevog ciklusa treba zabeležiti da je na takav karakter razvoja pega ukazao *Gnevišev*.

2. 4. *Granulacija. Fakule.* — Podrobnija posmatranja pokazuju da fotosfera nije ravnomernog sjaja, nego ima zrnastu (granularnu) strukturu. Ova pojava naziva se *granulacija*. Elementi ove strukture — granule imaju prečnik od nekoliko lučnih sekunada (srednja vrednost približno 1",5, što odgovara linearnom prečniku od oko 1000 km.). Međusobni razmak granula nešto je veći od njihovih dimenzija. One prekrivaju vrlo približno trećinu Sunčeve površine, i sjajnije su od osnove na kojoj se vide. Trajanje života pojedinog elementa ne premaša nekoliko minuta. Ranije nađena znatna kretanja ne bi, po novijim ispitivanjima, bila stvarna.

Sličnu strukturu pokazuje polusenka, samo ovde granule duže traju i pokazuju kretanje usmereno radialno ka periferiji pege. Red veličine brzine: nekoliko kilometara u sekundi.

Zrnasta struktura fotosfere koja se pri dobrim uslovima može posmatrati i manjim instrumentima (prečnik granula oko 5") predstavlja, po nekim autorima, samo sekundarnu pojavu. U još većoj meri ovo važi za tzv. fotosfersku mrežu.

Izgleda da granulacija ne pokazuje promene u toku ciklusa Sunčeve aktivnosti.

Posmatranju i sasvim skromnim sredstvima lako su pristupačne *fakule*. Na tamnijoj ivici Sunčevog kotura ističu se nepravilno razgranate oblasti jačeg sjaja. Kada usled Sunčeve rotacije dođu bliže centralnim, sjajnijim delovima Sunčevog kotura, kontrast prema fotosferi nestaje i fakule prestaju da se vide. Ova pojava se, na osnovu teorije zračenja u ravnoteži, može protumačiti drugačijom raspodelom temperature po dubini u oblastima fakula. Dok u neporemećenoj fotosferi temperatura stalno opada kada se ide ka njenoj granici, kod fakula bi temperatura u dubljim

slojevima bila niža no u visokim, a u ovima viša no u okolnoj fotosferi.

Kao i fotosfera pokazuju i fakule granularnu strukturu. Elementi njihove granulacije bili bi u srednju ruku neznatno veći i nešto više udaljeni jedan od drugog. Odnos sjaja granula prema pozadini na kojoj se vide veći je kod fakularnih granula no kod fotosferskih. Njihov život daleko je duži: i do nekoliko časova (*Bruggencate*).

Površina fakula menja se u toku ciklusa Sunčeve aktivnosti slično kao površina pega. *Spörer*-ov zakon promene srednje heliografske širine sa fazom ciklusa i ovde je izražen. Fakule se sreću u dvema zonama (*Gasardžjan*). Prva se približno poklapa sa zonom u kojoj se i pege javljaju, ali se prostire nešto bliže do polova. U drugoj, polarnoj zoni sreću se samo fakule neznatnih razmera.

U pogledu veze sa pegama zabeležimo da se sve pege javljaju u oblastima gde su fakule, ali, obratno, ne mora svaka fakula sadržati pege. Život je kod fakula znatno duži no kod pega.

Za brzinu rotacije u zavisnosti od heliografske širine važi kod fakula zakon

$$\xi^{\circ} = 14^{\circ},54 - 2,81 \sin^2 B_{\odot}$$

### 3. Posmatranja Sunca u monohromatskoj svetlosti

3. 1. *Nekoliko istorijskih podataka.* — Sunčeva potpuna pomračenja bila su nekada jedine prilike kada su se mogle ispitivati hromosfera, protuberance, korona. Posmatranja pri pomračenjima nisu ni danas izgubila svoj značaj, iako hromosferu, protuberance i koronu možemo danas da pratimo u svako doba.

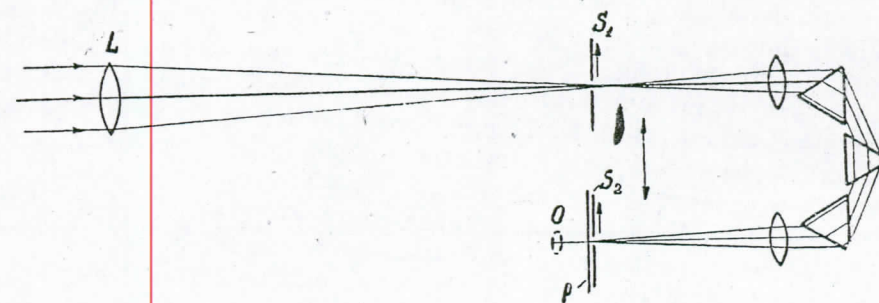
Primenom spektroskopa za protuberance, sedamdesetih godina prošlog veka (*Janssen*, *Lockyer*), prvo je omogućeno posmatranje protuberanca na Sunčevom rubu. Početkom devedesetih godina ostvaren je spektroheliograf (*Hale*, *Deslandres*) koji dozvoljava da se snimaju pojave i to ne samo na ivici Sunčevog kotura, no i one koje se projektuju na kotur. Pre četvrt veka *Hale* konstruiše prvi spektrohelioskop. Neposredno posmatranje hromosfere u monohromatskoj svetlosti (i to u svetlosti linije  $H_{\alpha}$ ) otkriva nove pojave u hromosferi i nad njom. Pitanje o vezi između pojava na Suncu i na Zemlji može se, blagodareći baš spektrohelioskopskim posmatranjima, preciznije postaviti. Najzad, pre petnaestak godina *Lyot* (i nezavisno od njega *Öhman*) ostvaruju interferenciono-

polarizacioni filter. Njime je po prvi put praćenje pojava u koroni omogućeno na zadovoljavajući način. U isti mah otvorene su nove mogućnosti i za praćenje pojava u hromosferi. — Pored neposrednog posmatranja i normalnog snimanja koristi se već dvadeset godina i kinematografija (u spektroheliografskim radovima po prvi put na opservatoriji Mičigenskog univerziteta). Uvođenje *Lyot-Öhman*-ovog filtra dozvolilo je širu njenu primenu (*Pettit* u Americi, *Lyot* u Francuskoj, *Waldmeier* u Švajcarskoj i drugi).

Primitimo na kraju da su osnovnu zamisao spektrohelioskopa i spektroheliografa jasno iskazali još *Janssen*, *Lockyer* i drugi. Princip *Lyot*-ovog filtra je, kako izgleda, sasvim nov, iako su znatno prostiji optički sistemi slične vrste primenjivani u spektroskopiji.

3. 2. *Osnovi metoda posmatranja u monohromatskoj svetlosti.* — Spektar hromosfere i protuberanca sastoji se od emisionih linija, od kojih su najjače linije vodonika, ionizovanog kalcijuma i helijuma. Spektar korone je složeniji, ali se i u njemu javljaju emisione linije, čije je poreklo do skora bilo zagonetno. Da bismo protuberance, hromosferu i koronu mogli posmatrati van pomračenja, kada su one utopljene u znatno jaču difuznu belu svetlost, potrebno bi bilo raspolagati optičkim uređajima koji bi propuštali samo zračenja koja one emituju, a zadržavale druga. Obični filtri ne mogu se ovde upotrebiti, jer je opseg talasnih dužina koji oni propuštaju isuviše širok. Za tu svrhu ostvareni su ovi sistemi:

a) objektiv  $L$  (sočivo ili ogledalo) daje u žiži (fokusu) Sunčev lik. Tu se postavlja prorez  $S_1$  koji se, sa svoje strane, nalazi u žiži drugog sočiva. Zraci po prolasku kroz ovo sočivo izlaze u paralelnom snopu, dospevaju u sistem prizmi (ovaj može biti kombinovan s optičkom rešetkom; može se upotrebiti i samo optička



Sl. 5. — Uz princip spektroheliografa i spektrohelioskopa.  $L$  — objektiv koji daje Sunčev lik,  $S_1$  i  $S_2$  — prvi i drugi prorez,  $p$  — fotografska ploča,  $O$  — okular (po *Grotrian*-u)



rešetka) koji ih razlaže po talasnim dužinama. Drugo sočivo daje u svojoj žiži spektar. To je ustvari neprekidan niz likova prvog proreza u zraccima svih talasnih dužina na koje je bela svetlost rastavljena. A kako prvi prorez leži i u žiži objektivna  $L$ , dakle poklapa se sa Sunčevim likom, to ovde očigledno imamo niz likova one uske trake Sunčevog prividnog kotura koju iseca prvi prorez. Izdvojmo drugim prorezom  $S_2$  neku liniju iz spektra hromosfere ili protuberance. Jasno je da smo dobili jedan element monohromatske slike. Sada treba izgraditi samu sliku. To se postiže dvojako, prema tome da li se radi o snimanju ili vizualnom posmatranju.

Pri snimanju (*spektroheliograf*) treba obezbediti ili da se Sunčev lik na prorezu  $S_1$  i fotografska ploča  $p$  iza proreza  $S_2$  jedovremeno kreću istom brzinom (pravac kretanja obeležen je na crtežu dvojnomo strelicom) dok spektrograf stoji, ili pak treba da lik i ploča budu u miru a da se spektrograf kreće na označeni način. U oba slučaja, u toku laganog kretanja, na fotografskoj ploči postepeno, takoreći red po red nastaje snimak Sunca.

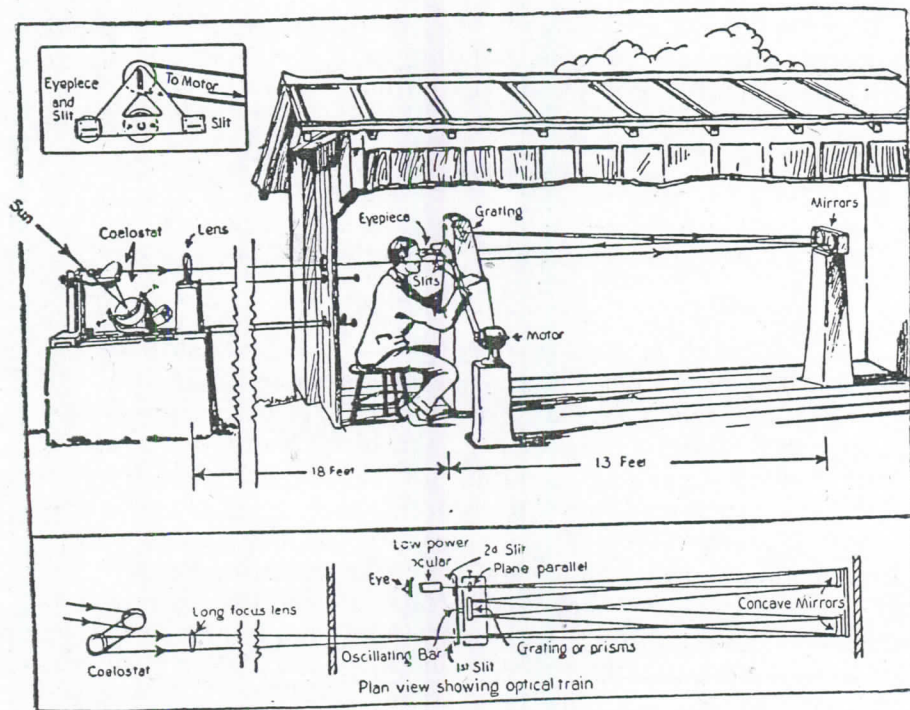
Slika Sunca će se moći posmatrati (*spektrohelioskop*) ako se prvi prorez oscilatorno kreće preko (dela) Sunčevog lika, a obezbedi takvo kretanje i drugog proreza, da ovaj stalno iseca istu liniju iz spektra (spektar će se, naravno, kretati čim se pomera prvi prorez). Zbog osobine oka da zadržava utiske videće se, pri dovoljnoj brzini kretanja proreza, monohromatska slika u vidnom polju okulara koji je na sl. 5 crtkasto obeležen.

Prvi spektroheliografi vezivani su za postojeće refraktore. Danas je spektroheliograf potpuno samostalan instrument. Objektiv koji daje Sunčev lik nepomičan je, praćenje se obezbeđuje sistemom ogledala koji stalno šalje Sunčeve zrake u objektiv (celostat). Žižna daljina objektivna obično je veoma velika, te je i lik Sunca koji se dobija veliki. Kako se spektroheliograf može upotrebiti i kao spektrograf omogućeno je ovim ispitivanje spektara detalja na Sunčevoj površini. Kod mnogih spektroheliografa nalaze se celostat i objektiv u kupoli na vrhu visoke kule, a spektrograf na zemlji u prostoriji sa konstantnom temperaturom.

Standardni Hale-ov spektrohelioskop predstavljen je na sl. 6. U njegovom spektroskopu su umesto sočiva upotrebljena ogledala. Spektar se dobija pomoću optičke rešetke. Posmatranja se vrše u svetlosti vodonikove crvene linije  $H\alpha$ .

Jednim na oko neznatnim dodatkom koga naziva *lineshifter* (pomerač linija) Hale je znatno proširio oblast primene spektrohelioskopa. Radi se o tankoj planparalelnoj staklenoj ploči koja se

nalazi pred drugim prorezom. Ona se može obrtati oko osovine paralelne ovom prorezu, dakle upravne na pravac razlaganja u spektru. Ako je, sa pločom upravnom na snop zrakova koji idu ka drugom prorezu, na njega padao lik središta vodonikove linije, onda će, pri pomeranju ploče oko osovine, na taj prorez zbog prelamanja svetlosti u ploči padati delovi spektra van središta linije, sa crvene ili plave strane (već prema smeru pomeranja). Tako se izgled Sunca u monohromatskoj svetlosti linije  $H\alpha$  može lako uporediti sa izgledom u svetlosti zračenja obližnjeg neprekidnog spektra, dakle pojave u hromosferi uporediti sa pojavama u fotosferi. Isto tako mogu se na ovaj način posmatrati i objekti koji doduše zrače liniju  $H\alpha$ , ali je ona zbog kretanja objekta, a na osnovu Doppler-ovog efekta, pomeren u spektru, dakle ne pada na drugi prorez. Sa planparalelnom pločom u vezi je krug sa podelom. Iz



Sl. 6. — Hale-ov spektrohelioskop (shematski). Levo stub sa celostatom i objektivom. Na srednjem stubu par proreza, okular, optička rešetka. Do njega na malom stubu motor za pokretanje proreza. Desno stub sa ogledalima.



ugla za koji je ploča obrnuta može se odmah odrediti odgovarajuće pomeranje po spektru u angstromima. Ovim je, dakle, omogućeno i merenje iznosa za koji je linija u spektru kakvog objekta u kretanju pomerena iz svog normalnog položaja. Odatle odmah može da se izračuna komponenta brzine u pravcu posmatrača. Kako ta komponenta za razne delove jednog istog objekta može imati razne vrednosti, moći će se takav objekt ceo videti tek uz stalno pomeranje *line-shifter*-a. U ovome je jedna od velikih prednosti spektrohelijskopa nad spektroheliografom: kod spektroheliografa bi se moglo desiti da na snimku uopšte i ne iziđu oni delovi objekta kod kojih je pomeranje linije zbog *Doppler*-ovog efekta izvelo lik van drugog preseka.

Od instrumenata ovog tipa najstariji je *spektroskop za protuberance*. To je normalan, jak spektroskop. On ima tri trostruke *Amici*-prizme. Spektroskop se pričvršćuje za kakav manji ekvatorijal. Preoz se postavlja tangencijalno na ivicu Sunčevog lika i široko otvara. U durbinu spektroskopa, postavljenom na deo spektra gde su emisije linije hromosfere i protuberanca, vidi se tada Sunčeva hromosfera na rubu i protuberance. Posmatranje se obično vrši u crvenom delu spektra koristeći crvenu vodonikovu liniju.

b) Na bitno različitom principu počiva *interferenciono-polarizacioni filter*. Zamislite sistem načinjen od polarizatora, kvarcne pločice brušene paralelno optičkoj osovini i još jednog polarizatora. Ravni polarizacije oba polarizatora paralelne su među sobom, optička osovina pločice zaklapa sa njima ugao od 45 stepeni. Svetlosni zrak koji pada na prvi polarizator izlazi iz njega linearno polarizovan. U kvarcnoj pločici cepa se na dva linearno polarizovana zraka, čije su ravni oscilovanja među sobom upravne, a amplitude oscilovanja jednake. Po izlasku iz pločice drugi polarizator vraća ove oscilacije u istu ravan. Pri superpoziciji dolazi do izraza fazna razlika nastala usled različitih brzina prostiranja pomenutih zraka kroz kvarcnu pločicu. Lako se može izračunati da će amplituda rezultujućeg oscilovanja zavistiti od razlike indeksa prelamanja za oba zraka, debljine pločice i talasne dužine upotrebijene svetlosti. Sistem ne propušta podjednako zrake raznih talasnih dužina, dakle selektivan je. Selektivnost se može veoma povećati ako se primenjeni postupak ponovi više puta, i to tako da je svaka naredna kvarcna pločica dvaput deblja od prethodne. Jedan od poslednjih Lyot-ovih filtera sastojao se od 7 polarizatora i 6 kvarcnih pločica. Debljinom prve kvarcne pločice, koja je iznosila 2,22 mm, određene su talasne dužine veoma uskih opsega koje filter propušta. To su, vrlo približno, talasne dužine ovih linija: *Ha*

i *H $\beta$*  (vodonik), *D $_3$*  (helijum), *b $_1$*  (magnezijum), i najzad linije visoko ionizovanog gvožđa iz spektra korone: 6374*A* i 5303*A*. Pomenimo da se precizno postavljanje propusnog opsega filtera na željenu talasnu dužinu vrši promenom temperature termostata u koji je filter smešten (promena indeksa prelamanja i debljine kvarcnih pločica!). Linije koje filter propušta dovoljno se razlikuju po talasnoj dužini da bi se dalje mogle razdvajati običnim filterima. Kod pomenutog Lyot-ovog filtera zraci raznih talasnih dužina izlaze pod nešto različitim uglovima, te je Lyot mogao da ostvari aparaturu koja simultano snima monohromatske slike u tri boje (dve koronine i jedna hromosferska linija). Dimenzije samog filtera neobično su male. Opisan filter predstavlja paralelopiped kvadratne osnove 36 × 36 mm, visine 150 mm. Lyot ga je upotrebljavao uz instrument sa objektivom otvora 38 cm, žižne daljine 6 m a posmatranje vršio sa uvećanjem od 500 puta. U durbinu se pri vizualnom posmatranju filter stavlja pred okular. U SAD jedna laboratorija izrađuje i prodaje ovakve filtre za posmatranja u svetlosti linije *Ha*. Cena tog filtera, kojim se svaki durbin može koristiti za posmatranja pristupačna inače samo spektrohelijskopu, iznosila je pre godinu dana oko 3,500 dolara.

3. 3. *Hromosfera. Opšti podaci.* — Za vreme potpunog Sunčevog pomračenja, između drugog i trećeg kontakta, vidi se da iznad fotosfere postoji tanak sloj jarke boje — odakle mu i ime — *hromosfera*. Njegova debljina iznosi nekoliko hiljada kilometara. Prva posmatranja hromosferskog spektra, koji se sastoji iz emisivnih linija i veoma slabog kontinuuma, stvorila su utisak da je on tačna inverzija normalnog Sunčevog spektra, ukoliko se u njemu sve apsorpcione linije javljaju kao emisione. Ovo bi naročito važno za spektar najnižeg sloja hromosfere koji se vidi neposredno posle drugog kontakta (usled Mesečevog kretanja ovaj sloj brzo biva zaklonjen). Najniži sloj hromosfere nazvan je stoga *obrtni sloj* (pojava obrnutog spektra zbog svog kratkog trajanja nosi naziv *flash spectrum*, *flash* = engl. munja), pa se smatralo da fotosfera emituje neprekidan spektar, a apsorpcione linije nastaju pri prolazu kroz obrtni sloj. Ovo shvatanje danas je napušteno, ne samo zato što se može dokazati da u hromosferi ne mogu da nastanu apsorpcione linije kakve se posmatraju, no i stoga što se već odavno pokazalo da su *odnosi jačina linija* drugačiji u spektru hromosfere no što su u običnom Sunčevom spektru. U spektru hromosfere relativno su jače linije čije pobuđivanje (ekscitacija) zahteva veću energiju. Ova odlika hromosferskog spektra može se protumačiti na osnovu teorije ionizacije (*Saha, Fowler*) znatno sniženim



pritiskom u hromosferi. Međutim sklop hromosfere i druge osobnosti njenog spektra pokazuju da su stvari ovde znatno složenije. Iz merenja, na kojima se ovde ne možemo zadržavati, izvedeno je kako u hromosferi opada gustina kada se ide u vis. Nađeno je da to biva znatno sporije nego što bi trebalo da bude u jednoj atmosferi gde je temperatura konstantna i jednaka tzv. graničnoj temperaturi fotosfere ( $4830^{\circ} K$ ), rezultat koji bi trebalo očekivati iz izvesnih teoriskih razmatranja (ova u saglasnosti sa posmatranjima kada se radi o fotosferi). — Glavne linije hromosferskog spektra (vodonikove *Balmer*-ovog niza, žuta helijumova linija i linije *H* i *K* ionizovanog kalcijuma) neobično su široke.\* Tako su linije *H* i *K* deset puta šire no što bi se očekivalo (*Unsold*). Slično važi i za druge linije, po merenjima raznih autora, te bi, šta više, izgledalo da uzrok koji izaziva širenje linija jače deluje što se više ide u visinu. Ova pojava tumači se (*Unsold*) haotičnim kretanjem gasova u hromosferi. Brzina ovog kretanja iznosila bi 15 km/sec. Slična merenja raznih drugih autora, koja se odnose na druge linije, mogu se po *Unsold*-u protumačiti na isti način. Za linije koje potiču iz istih nivoa kao kalcijumova *H* i *K*, dobijaju se približno iste brzine. Brzina izgleda da raste kada se ide u vis. — Setimo se, u vezi s ovim, da spoljna ivica hromosfere, na snimcima načinjenim u doba pomračenja, izgleda jako zupčasta, što bi već moglo ukazivati na stalna kretanja u njoj. *Lyo*t navodeći svoja prva posmatranja izvršena pomoću polarizacionog filtra, ovako opisuje hromosferu: »(ona) ne izgleda kao homogena atmosfera, već kao skup mlazeva svetlosti koji liče na male protuberance i koji izbijaju iz fotosfere čias upravno, čias koso na nju. Oni se projektuju jedni na druge što izaziva utisak da posmatramo neprekidan fluid... Vidi se da ovi mlazevi traju kratko, po nekoliko minuta svega, gase se a umesto njih se pojavljuju drugi, te izgleda da cela hromosfera stalno vri.«

Primetimo još da je merenjem u svetlosti vodonikove crvene linije *H $\alpha$*  (Fraunhoferova linija *C*) nađena za visinu hromosfere vrednost od približno  $10''$ . Visina je na polu obično veća nego na ekvatoru, u doba maksimuma aktivnosti ona je, međutim, svugde ista.

\* Zamislite da se pomerate duž spektra, recimo od manjih ka većim talasnim dužinama. Na mestu gde je apsorciona linija intenzivnost zračenja opada, isprva lagano, a zatim brže, dostiže izvesnu najmanju vrednost, pa se opet penje. Širina spektralne linije — ukoliko nije drugačije definisano — jeste razmak između tačaka gde intenzivnost pada na polovinu. Kriva (krivoljka) koja pretstavlja promenu jačine zračenja u liniji kao funkciju talasne dužine zove se *kontura* ili *profil linije*.

3. 4. *Monohromatski snimci hromosfere*. — Ogromna većina snimaka hromosfere načinjena je u svetlosti linija ionizovanog kalcijuma (Fraunhoferove oznake *H*, *K*) i vodonikove linije *H $\alpha$*  (prva linija *Balmer*-ovog niza). Snimak koji je dat u prilogu načinjen je u svetlosti kalcijumove linije *K<sub>3</sub>*. Indeks (<sub>3</sub>) odnosi se na mesto u konturi te linije, na koje je, pri snimanju, bio namešten drugi prorez spektroheliografa. U vezi s ovim treba reći, da ove kalcijumove linije imaju složen profil. Kada se iz neprekidnog dela spektra ide ka središtu linije, intenzitet zračenja isprva opada do neke vrednosti (deo linije koja se označava sa *H<sub>1</sub>* odn. *K<sub>1</sub>*) zatim penje do slabo izraženog maksimuma (*H<sub>2</sub>* odnosno *K<sub>2</sub>*) da bi u središtu pao na izvesnu minimalnu vrednost (*H<sub>3</sub>* odnosno *K<sub>3</sub>*). Slično se, po konvenciji, deli i vodonikova linija *H $\alpha$* , jako ovde kontura ne pokazuje nikakve nepravilnosti.

Snimci načinjeni linijom *H* (ili *K*) utoliko se više razlikuju od običnih snimaka (ili snimaka načinjenih sa drugim prorezom postavljenim na obližnji neprekidni spektar), ukoliko je bliže središtu linije bio namešten drugi prorez. Za ove snimke je karakteristično da fakule bivaju svetlije, počinju se videti i po celom Sunčevom prividnom koturu, a ne samo po ivici. One počinju da prekrivaju polusenke, a na snimcima u svetlosti *H<sub>3</sub>* (odn. *K<sub>3</sub>*) i senke pega. Zapaža se sve izrazitija mreža uglavnom nepravilno rasutih pahuljičastih mrlja. One pokazuju granularnu strukturu. Na snimcima u svetlosti *H<sub>3</sub>* (odnosno *K<sub>3</sub>*) odlično se vide duge, tamne i nepravilne uske crte. To su protuberance koje se projektiraju na hromosferu. Po terminologiji koju je predložio *Deslandres* nazivaju se svetla polja u vezi sa fakulama — *fakularne površine* (*plages faculaires*), pahuljičaste mrlje — *flokuli*, njihova mreža — *flokularna mreža*. Protuberance viđene u projekciji nazivaju se *vlakna* (filaments).

Na snimcima u svetlosti *H $\alpha$*  vlakna su bolje izražena, flokuli i fakularne površine slabije. Za snimke u svetlosti *H $\alpha$*  karakterističan je spiralni raspored flokula u neposrednoj blizini pega. Pojava svakako nema veze sa magnetnim poljem pega, jer se ne posmatra izmena smera vrtloga od ciklusa do ciklusa. Ovaj smer odgovara smeru vrtloga koji nastaje usled *Coriolis*-ove sile pri usisavanju materijala od strane pege.\*

\* Spektroskopska ispitivanja pokazuju da na nivou fotosfere iz pega ističe materijal umerenom brzinom. Brzina opada ukoliko se ide u vis, menja smer i raste, te u višim slojevima postoji »usisavanje« materijala (St. John, Evershed). Videti dalje odeljak 3. 7.

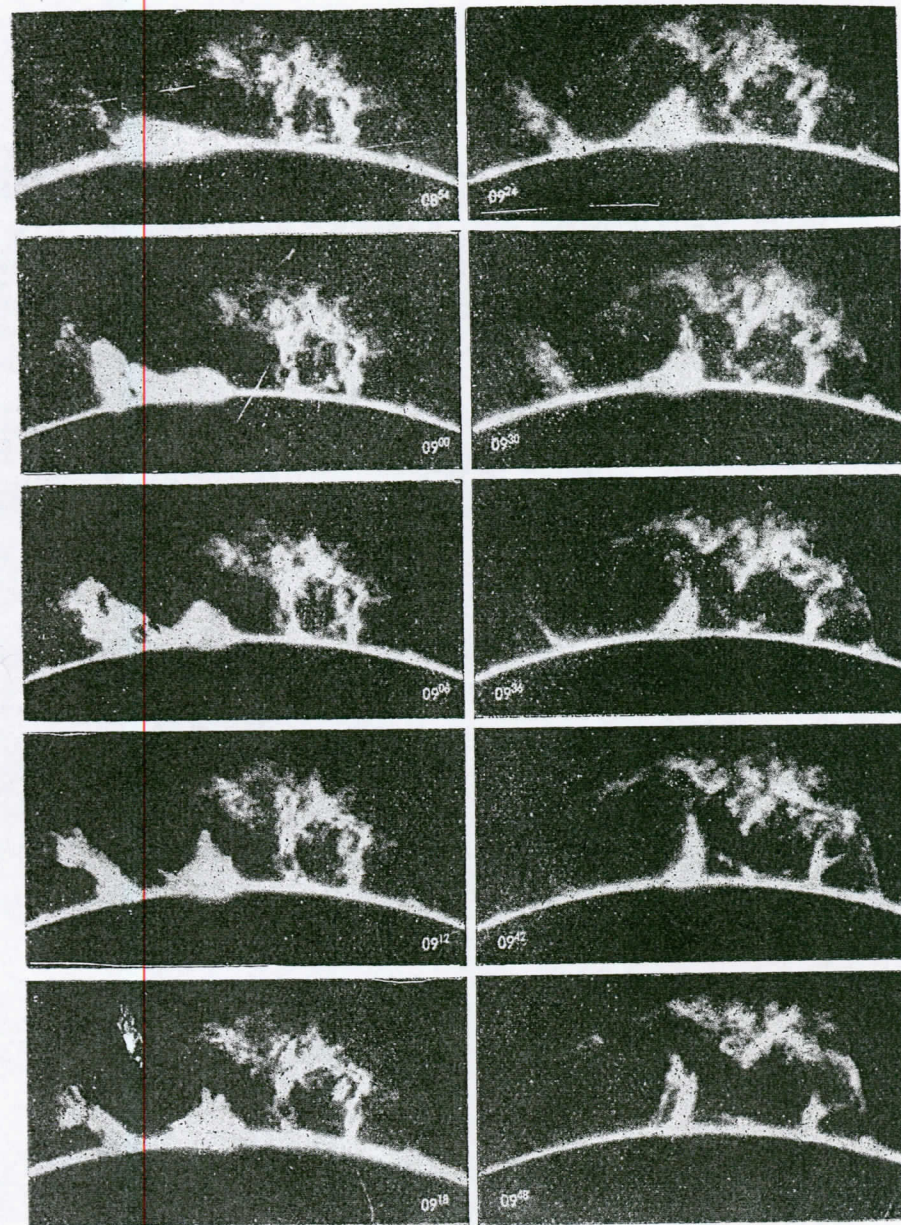


Već u početku rada spektroheliografom Hale i Deslandres su nezavisno izrazili mišljenje da je srednji nivo monohromatske slike utoliko viši, ukoliko je pri snimanju drugi prorez bliže bio postavljen središtu linije. Kasnija teorijska rasuđivanja potvrđuju ovakvo shvatanje.

3. 5. *Posmatranje spektrohelioskopom; hromosferske erupcije; eruptivne protuberance.* — Prvo spektrohelioskopsko posmatranje hromosferske erupcije izvršio je G. E. Hale prilikom završnih radova na svom prvom spektrohelioskopu. Slučaj je hteo da pojava bude intenzivna i da isto tako intenzivna magnetna bura nastupi u određenom razmaku posle nje. Objavljujući u nekoliko saopštenja podroban opis spektrohelioscopa, metode posmatranja i glavne rezultate višegodišnjeg rada, Hale je ovome priložio i pregled svih do tada zabeleženih hromosferskih erupcija (izuzetno mogu se one videti i u beloj svetlosti, druge su zabeležene na spektroheliografskim snimcima). Hale podvlači značaj posmatranja hromosferskih erupcija ne samo za fiziku Sunca u užem smislu, no i da bi se rasvetlila geofizička dejstva pojava na Suncu. On ističe da je spektrohelioskop idealan instrument za tu svrhu. Najzad, Hale ukazuje na potrebu organizovanja široke mreže stanica snabdevenih spektrohelioskopima istog tipa, što bi omogućilo stalno praćenje hromosfere i obezbedilo da sakupljeni posmatrački materijal bude što je moguće homogeniji. Rezultati do kojih se došlo opravdali su očekivanja.

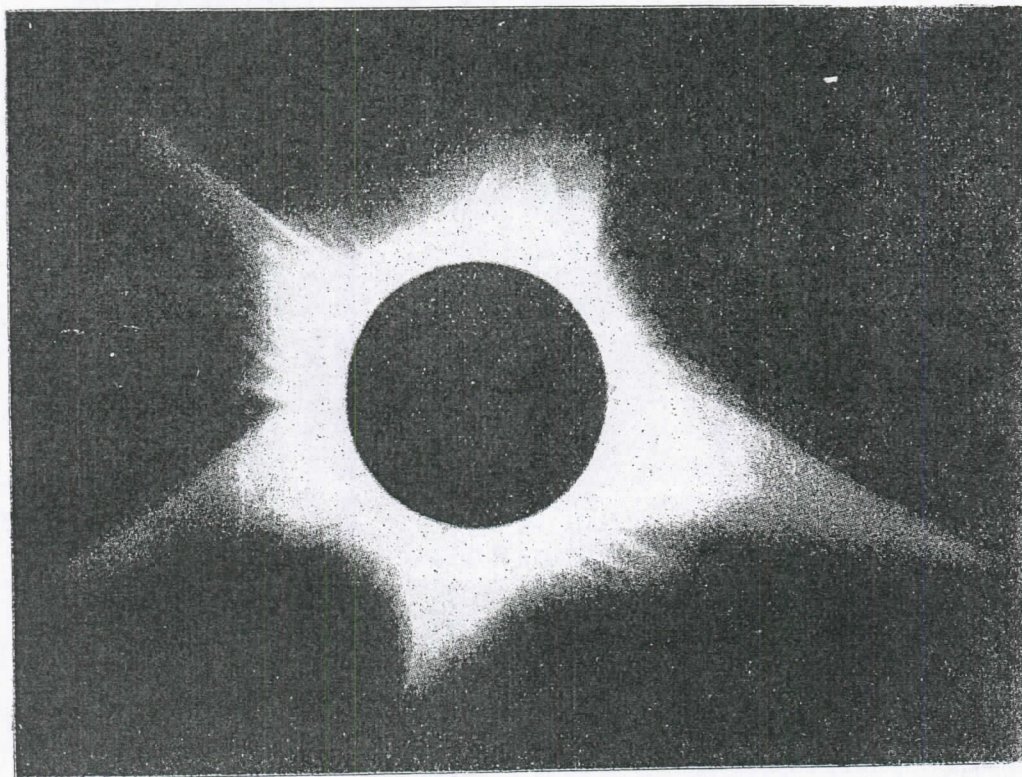
*Hromosferska erupcija* jeste naglo i srazmerno kratkotrajno povećanje sjaja postojećeg svetlog (vodonikovog) flokula. Erupcije se razvrstavaju po zahvaćenoj površini u tri klase: 1, 2, 3. Najveće su erupcije klase 3. Erupcije ove klase sa izrazitim geofizičkim efektima obeležava se sa 3<sup>+</sup>.

Osnovne odlike hromosferskih erupcija bile bi (M. A. Ellison, R. G. Giovanelli): One se javljaju skoro isključivo u okolini grupa pega (u krugu poluprečnika 100.000 km). Verovatnoća pojave srazmerna je površini grupe. Kod datog tipa grupe ona je veća u doba kada se površina menja (raste ili opada). Ova verovatnoća, za grupe iste površine, znatno raste kada se od prostih grupa prelazi na složene (u pogledu magnetnog polariteta). Erupcije klase 3 odnosno 3<sup>+</sup> najčešće su u zrelo doba razvoja grupe. Spektri erupcija sastoje se od emisionih linija vodonika, helijuma, ionizovanog kalcijuma i nekih metala, ali se razlikuju od pojave do pojave. Smatra se da u ultraljubičastoj oblasti one daju veoma intenzivno zračenje (i neprekidno i u pojedinim linijama). Doppler-ov efekat se u spektru hromosferskih erupcija ne zapaža. Dakle, atomi koji emituju



Snimak 3. — Hromosferska erupcija praćena pojavom eruptivne protuberance i nastajanje jedne protuberance. Snimci M. Waldmeier-a koronografom opservatorije Arosa od 13. septembra 1947. godine. Protuberanca na snimcima desno bila je visoka 150 000 km te je posmatrana u toku prethodnih nekoliko dana. Izgled joj se nije menjao sve do posle hromosferske erupcije koja je nastupila u njenoj blizini (levo od nje). Na poslednjim snimcima vidi se kako materijal iz protuberance otiče ka Suncu (Iz Umschau No. 111951).





Snimak 4. — Sunčeva korona prilikom potpunog pomračenja 19. juna 1936. god.

nisu zahvaćeni nikakvim brzim kretanjem (brzine manje od 1 do 2 km/sec). Porast sjaja znatno je brži od opadanja. U tom pogledu postoje izvesne razlike između erupcija raznih klasa. Ponekad je trajanje rašćenja sjaja i najvećeg sjaja veoma kratko te neki posmatrači govore o »bljesku« (pojava, naravno, ipak traje nekoliko minuta). Pomenuto je da se posmatranja vrše u svetlosti vodoničke linije  $H\alpha$ . Nađeno je, da se u toku pojave širina linija menja na određen način, i to tako da verno prati promenu sjaja. Dakle širina raste, dostiže najveću vrednost u trenutku maksimuma, zatim sporije opada. Zabeležimo da se ovde širina linije nešto drugačije definiše (razlika onih čitanja u — angstromima — na *line-shifter-u* pri pomeranju ka crvenom odnosno plavom kraju spektra, za koje kontrast između erupcije i okoline iščezava), što u suštini ne menja stvar. Veoma zanimljivu pojavu otkrio je Ellison bližim ispitivanjem konture proširene linije: kontura nije simetrična, kao što bi trebalo da bude, nego je njeno plavo krilo kraće od crvenog. Drugim rečima: oblast do koje se u neprekidnom spektru oseća dejstvo linije proteže se za vreme erupcije dalje ka crvenom no ka plavom kraju spektra. Pri tom se asimetrija menja u toku erupcije, dostižući najveću vrednost oko maksimuma sjaja da bi pred kraj nestala. Analizirajući moguće uzroke ove pojave Ellison dolazi do zaključka da se ona može objasniti samo apsorpcijom svetlosti u roju brzih vodonikovih atoma, izbačenih u početku erupcije. Slična tumačenja dali su ranijim spektrografskim snimcima linija  $H$  i  $K$  načinjenim u vreme erupcija i posle njih, u Americi Richardson, Rutland i Brück u Engleskoj. Broj hromosferskih erupcija veoma brzo raste ukoliko se prelazi na sve manje pojave. Posmatrači govore o veoma oštro određenom izgledu hromosferskih erupcija. To su sjajne vrpce ili trake, čija debljina iznosi oko 2000 km. Oblika su polukružnog kada se javljaju u prostijim grupama pega, a nepravilnog u grupama složenog magnetnog polariteta. Na Sunčevom rubu izgledaju kao sjajna ispučenja u hromosferi.

Sa hromosferskim erupcijama u vezi su *eruptivne protuberance* (po terminologiji Waldmeier-a; engleski: *surges*). Verovatnoća da hromosferska erupcija bude praćena eruptivnom protuberancom iznosi za erupcije 1. klase 30%, a za erupcije 3. klase 80%. Smatra se da bi navedene vrednosti predstavljale donju granicu. Eruptivne protuberance polaze iz oblasti gde se dogodila erupcija. Početne brzine iznose do 200 km/sec, kretanje je usmereno uvis i biva često po krivoliniskim putanjama. Ono se usporava ukoliko visina raste, te se eruptivne protuberance zaustavljaju na visinama oko 100.000



km silazak biva po istoj putanji i vrši se ubrzanim kretanjem. Vrednost ubrzanja odnosno usporenja odgovara približno ubrzanju teže na Sunčevoj površini. Eventualno bi moglo doći i do izbacivanja materijala u prostor.

3. 6. *Pojave u vezi sa hromosferskim erupcijama.* — Nabrojimo kratko, na primeru hromosferske erupcije od 25 jula 1946, ove pojave. Erupcija se dogodila u bipolarnoj, vrlo složenoj grupi čija je ukupna površina dostizala 3500 milijonitih Sunčeve vidljive polulopte. Grupa je prošla kroz centralni meridijan Sunca jula 26,8 (centralni je onaj meridijan koji prolazi kroz središte Sunčevog prividnog kotura; Zemlja leži u ravni tog meridijana). Hromosferska erupcija klase  $3^+$  posmatrana je sa mnogih opservatorija približno dan ranije. Ubrzo po početku erupcije nastupa potpuni prekid radio veza na kratkim talasima za linije koje bar delimično leže na osvetljenoj strani Zemlje. U trenutku najvećeg sjaja, širina linije *Ha* dostiže 15A, dok za mirne flokule iznosi 2A. U to vreme zabeležen je izvanredan i nagao porast Sunčevog radiofrekventnog zračenja na talasnoj dužini od 4 metra. Intenzitet kosmičkog zračenja počinje da raste, skoro istovremeno sa hromosferskom erupcijom. Maksimalna vrednost, za 15% veća od normalne, dostignuta je oko 2 časa posle hromosferske erupcije. Dvadeset sedam i po časova posle hromosferske erupcije počinje veoma jaka magnetna bura. Između 26. i 27. posmatrana je sjajna pojava polarne svetlosti.

Malo shematizirajući stvari možemo reći da se posmatrane pojave dele na one koje nastupaju istovremeno sa erupcijom i dolaze od neobično pojačanog ultraljubičastog zračenja (hromosferski efekti) i one koje nastupaju sa zakašnjenjem, a dolaze od roja brzih čestica emitovanih prilikom erupcije. Nije teško razumeti da pojave koje dolaze od pojačanog ultraljubičastog zračenja nastupaju nezavisno od položaja hromosferske erupcije na Sunčevom koturu. One, pak, koje su posledica emisije korpuskula ne treba očekivati ako se erupcija dogodila daleko od središta Sunčevog prividnog kotura; emisija korpuskula biva u uskom snopu. Ovo se naročito odnosi na magnetne bure. Što se kosmičkog zračenja tiče ovde su posmatranja još malobrojna.

3. 7. *Protuberance.* — Neobični oblici u kojima se protuberance javljaju dobro su poznati sa snimaka načinjenih za vreme pomračenja ili spektroheliografom (ovde se lik samog Sunčevog kotura zaklanja metalnom pločom, te izgleda kao da su i ovi snimci načinjeni prilikom pomračenja). Na snimcima 3. u prilogu vide se protuberance nad Sunčevim rubom. Na snimku hromosfere vidi se

izrazito vlakno (protuberanca viđena u projekciji). Tipične dimenzije protuberanca bile bi (po Pettit-u): dužina 200.000 km., visina oko 50.000 km., debljina 10.000 km. To su, dakle, veoma pljosnate tvorevine. Zabeležimo da kraj protuberance koji pretihodi (u smeru Sunčeve rotacije) ima manju latitudu nego kraj koji sledi. Sličnu pojavu pomenuli smo kod pega, samo kod protuberanca nagib prema paraleli opada ukoliko se dalje ide od ekvatora. Sa hromosferom su protuberance u vezi samo u nekoliko tačaka.

Kod protuberanca postoje dva pojasa u kojima se one naročito javljaju. Jedan od njih leži bliže polu (počinje oko  $50^{\circ}$ – $60^{\circ}$  heliografske širine, drugi bliže ekvatoru (na oko  $\pm 25^{\circ}$ ). Kao i kod pega zone u kojima se protuberance najviše javljaju pomeraju se u ovim pojasevima u toku ciklusa Sunčeve aktivnosti, ali se to kretanje unekoliko razlikuje od pomeranja opisanog kod pega. Kod protuberanca niskih latituda ono se vrši u istom smeru kao i kod pega, samo je manje. Kod protuberanca polarne zone pomeranje biva ka polu koga one i dostižu. Kao merilo aktivnosti u pogledu protuberanca viđenih nad Sunčevim rubom uzima se površina njihovog profila, pri čemu je jedinica površine pravougaonik čija je jedna strana mali luk od  $1^{\circ}$  u pozicionom uglu (uzet po Sunčevom rubu) a druga luk od  $1''$  na nebeskoj sferi (visina nad Sunčevim rubom).

Promena aktivnosti različita je kod protuberanca pomenuta dva pojasa. Kod pojasa koji leži bliže ekvatoru maksimum aktivnosti pada u doba maksimuma pega. Kod protuberanca polarnog pojasa ovaj je maksimum vremenski pomeren za oko 2 godine (nastupa ranije).

Na klasifikaciji protuberanca nećemo se zadržavati. Podela na mirne i eruptivne odavno je napuštena. Podela po spektru na gasovite (linije vodonika, helijuma) i metalne (javljaju se pored toga i linije metala) ne odgovara, jer su razlike spektra posledica razlika u sjaju. Zabeležimo ovde da se spektar protuberanca od hromosferskog razlikuje uglavnom utoliko, što su u njemu još jače istaknute one odlike kojima se hromosferski razlikuje od fotosferskog (neke bitne odlike hromosferskog spektra navedene su u odnosnom odeljku). — Danas se često upotrebljava klasifikacija koju je svojevremeno predložio Pettit. Po njoj se protuberance dele na ovih pet klasa: 1) aktivne, 2) eruptivne, 3) protuberance u vezi sa pegama (sa 4 potklase); 4) tornado-protuberance, 5) mirne protuberance. Klase ove podele ne izgledaju oštro odeljene, te je, pogotovu za svrhu ovog članka, podesnije razmotriti glavne faze u životu protuberance (po M. Waldmeier-u).



Nastajanje protuberance, o čemu ima veoma malo posmatranja, moglo bi biti slično pojavi kondenzacije u koroni (v. 3. 8.). U toku njenog postojanja smenjuju se stacionarna i aktivna faza. U toku stacionarne protuberance izgleda mirna. Ipak kroz njenu unutrašnjost, počev od tačaka gde je ona u dodiru sa hromosferom postoji strujanje materijala brzinom od nekoliko kilometara u sekundi. U toku aktivne faze materijal iz protuberance otiče u središta privlačenja u hromosferi (koje može ležati u grupi pega). Putanje su krivolinijske (ili možda izlomljene), brzina se duž njih skokovito menja, i to raste ka središtu privlačenja. Ova pojava može da prestane da bi se kasnije opet ponovila, pri čemu isto središte može opet da stupi u dejstvo. Može i čitava protuberanca da na ovakav način nestane. Ponekad protuberanca nestaje tako što postaje sve slabijeg sjaja, dok joj se najzad ne izgubi svaki trag. Normalan njen završetak bio bi, međutim, ovakav: protuberanca se postepeno odvaja od hromosfere i diže u vis. Deo materijala otiče duž grana kojima se ona još oslanja na hromosferu. Veći deo uzdiže se i razređuje. Brzina raste u skokovima i može da premaši vrednost potrebnu da se materijal oslobodi Sunčevog privlačenja (Zabeležena je brzina od 728 km/sec).

Da se pri kretanju protuberanci brzina uvek menja u skokovima istakao je prvi Pettit, te se ova osobina kretanja protuberance naziva i *Pettit-ov zakon*. Nije opšte prihvaćen takozvani drugi Pettit-ov zakon po kome bi uzastopne brzine stajale u prostom međusobnom odnosu (naredna umnožak prethodne, odnosno poslednja umnožak prve i slično).

O posebnom tipu protuberance u vezi sa hromosferskim erupcijama bilo je govora u odeljku 3. 5.

3. 8. *Korona*. — Od svih grana fizike Sunca izučavanje korone zabeležilo je u toku poslednje decenije najvidnije uspehe. Tumačenje koroninog emisionog spektra odgonetnulo je, da se poslužimo rečima jednog velikog teoretičara astrofizike, poslednju veliku tajnu astrospektroskopije. Naročito je Lyot ogromno unapredio oblast posmatračke tehnike konstrukcijom prvog koronografa za posmatranje korone u beloj svetlosti, izradom filtra i primenom kinematografskog snimanja u tri boje kao i drugim radovima u koje ovde nećemo ulaziti (aparati za merenje polarizacije koronine svetlosti, detekcija njene zelene linije na Sunčevom rubu pomoću fotomultiplikatora i slično).

Poslednja slika u prilogu van teksta predstavlja crtež korone za vreme potpunog pomračenja od 19 juna 1936.

Izgled korone menja se u toku ciklusa Sunčeve aktivnosti. U doba maksimuma dugi zraci sreću se u svim pozicionim uglovima. U doba minimuma oni su ograničeni na manje latitute i svijaju se prema ekvatoru.

Lyot ovako opisuje izgled korone pri posmatranjima interferenciono-polarizacionim filtrom. Posmatranja u svetlosti zelene linije (5303A): »Izgleda da je korona načinjena od isprepletenih lukova, nježnih mlazeva i malih sjajnih oblaka... mlazevi su, uopšte, dvostruki te izgledaju da se svijaju ka unutrašnjosti svetle mase kao krunični listići ružinog cveta... Koncentracija svetlosti je na ekvatoru mnogo manje izražena.« Posmatranje u svetlosti crvene linije (6374A): »(Ovde je) njena struktura mnogo prostija, luci se bolje ističu... isti luci izgledaju čvornovati u zelenoj svetlosti, nježni i pravilni u crvenoj. Ukratko, postoji razlika kao što se razlikuju i snimci hromosfere u vodonikovoj i kalcijumovoj svetlosti.«

Pitanje kretanja u koroni, na koje mnogobrojna posmatranja prilikom pomračenja nisu mogla da dadu jednoznačan odgovor (trajanje pojave ipak je isuviše kratko, a nema izraženih pojedinosti za koje bi se posmatrač mogao vezati), izgleda da je konačno rešeno blagodareći Lyot-ovim radovima. Vremenski razmak obuhvaćen neprekidnim snimcima pomoću Lyot-ovog aparata bio je veći od ukupnog vremena posmatranja svih pomračenja, još kada je Lyot pred kraj prošlog rata objavio svoje prve rezultate. Lyot je snimke načinjene po jedan na minut projektovao brzinom normalnom u kinematografiji, što pretstavlja ubrzanje od 1200 puta. Kao opšti zaključak iz ovih snimanja Lyot navodi ovo: »Uopšte se izgled i oblik korone menjaju, ali ne, kao kod protuberance, relativnim kretanjem delova, nego, naprotiv, pojavom i nestajanjem, kao i relativnom promenom intenzivnosti elemenata iz kojih je ona sagrađena. Koronini luci i oblaci koji često grade složene skupove nastaju na mestu, duž nevidljivih putanja koje su postojale i ranije, ali mi ne znamo kako ove putanje nastaju i kakvo im je poreklo. Ova pojava izgleda sasvim opšta, i sve teorije o koroni trebalo bi da o njoj povedu računa.«

Spektar unutrašnje korone sastoji se od slabog kontinuuma i karakterističnih emisionih linija. Njihovu identifikaciju izvršio je *Edlen* 1942 god. One sve pripadaju visoko ionizovanim metalima (gvožđe, nikel, kalcijum). Najjača u vidljivoj oblasti spektra je pomenuta zelena linija talasne dužine 5303A (trinaest puta ionizovano gvožđe), znatno slabija je crvena talasne dužine 6374A (devet puta ionizovano gvožđe). Ostale linije vidljivog dela spek-

tra znatno su slabije. Naviši potencijal ionizacije ima jedna linija (jedanaest puta ionizovanog) kalcijuma u ljubičastom delu spektra: 655V. Izmerena širina ovih linija, a i činjenica da se one uopšte javljaju, tumači se veoma živim kretanjem atoma o kojima je reč. Srednja kinetična energija njihovog haotičnog kretanja odgovarala bi temperaturi reda milion stepeni. Ne ulazeći u bliže razmatranje iznetih razloga, primetimo da je baš ovako visoka vrednost temperature u koroni i iz drugih razloga danas opšte prihvaćena. Pri prelasku na spoljnu koronu, karakteristične linije gube se, na kontinualnoj pozadini počinju da se javljaju apsorpcione Fraunhoferove linije. Spektar spoljnih delova korone predstavlja vernu sliku Sunčevog spektra.

Zabeležimo još na kraju neka nova posmatranja izvršena u monohromatskoj svetlosti (Waldmeier).

Za razliku od hromosfere, ne može se mnogo slabija korona posmatrati u projekciji na Sunčevom koturu, nego smo ovde ograničeni na pojave nad Sunčevim rubom. Prateći javljanje oblasti pojačanog svetljenja linije 5303A na Sunčevom istočnom rubu i njihovo nestajanje iza zapadnog, u vremenskom intervalu od 1939—1947 god., pomenuti autor dolazi do zaključka da se ove oblasti (*koronina vlakna*) mnogo više prostiru u heliografskoj longitudi no u latitudi. Od prethodnog minimuma one su se pomerale ka polu do koga su i dospele u doba maksimuma 1947 godine. Izvesna sličnost sa protuberancama polarne zone pada odmah u oči. Na novim posmatranjima je da ovu i eventualne druge veze (na primer sa koroninim zracima) bolje osvetle.

#### LITERATURA:

- D. H. Menzel: Our Sun; Blakiston Co., Philadelphia, 1949.  
G. Abetti: Il Sole, Hoepli, Milano.  
G. Bruhat-L. d'Azambuja: Le Soleil; Alcan, Paris, 1950.  
M.S. Ejgenson, M. N. Gnevišev, A. I. Olj, B. M. Rubašev: Solnečnaja aktivnost i ee zemnije projavljenija; Moskva, 1948.  
M. Waldmeier: Ergebnisse und Probleme der Sonnenforschung; Akad. Verlagsges., Leipzig, 1941.  
A. Unsöld: Physik der Sternatmosphären; Springer, Berlin, 1938.  
Od knjiga navedenih u ovom popisu prve dve namenjene su široj popularizaciji, treća popularizaciji višeg nivoa, ostale predstavljaju naučne monografije. Sem po udžbenicima astronomije pregled fizike Sunca može se naći i u svesci *Physik des Kosmos* dela Müller-Pouillet: Lehrbuch der Physik; Vieweg, Braunschweig.

M. B. Protić:

## MALE PLANETE (PLANETOIDI, ASTEROIDI)

Malim planetama, planetoidima, ili još asteroidima, nazivaju se sva ona sitna tela planetske prirode, čije putanje leže pretežno u prostoru obuhvaćenom Marsovom i Jupitrovom putanjom. Ona se isto tako mogu shvatiti u potpunosti kao roj telašaca, koja predstavljaju posebnu grupu u Sunčevom sistemu i obrazuju neku vrstu prstena, sličnog unekoliko jednom od Saturnovih prstenova, — drugim rečima, koja predstavljaju naseobinu tela sličnih osobina.

Za ove pripadnike našeg planetarnog sistema nije se dugo znalo da uopšte postoje: bili su u našoj sredini, ali su ostali skriveni čovekovu oku, iako su gdekoji od njih svojim približavanjem Zemlji, verovatno nastojali da nam se odaju i da probude naše ljubopitstvo. Astronomi su ipak konačno za njih saznali i sad nastoje da ih što bolje prouče. Kako je do toga došlo, i šta je u ovoj oblasti utvrđeno za proteklih 150 godina, saznaće čitalac iz redova koji slede.

Proučavajući odnose planetskih rastojanja od Sunca, Kepler je zapazio bio veliku prazninu koja je prema tadanjem poznavanju ustrojstva Sunčeva sistema, postojala između Marsa i Jupitera, dveju velikih planeta. Njegovo shvatanje da u Svemiru postoje harmoniski odnosi, navelo ga je, kao i mnoge druge pre njega, na misao da se razdaljine planeta od Sunca mogu prikazati pomoću sfera, opisanih oko pravilnih poliedara. Tako na primer, Merkuru bi odgovarala sfera sa središtem u Suncu, Veneri — sfera oko oktaedra, Zemlji — sfera oko ikosaedra, Marsu — sfera oko dodekaedra, Jupiteru — sfera oko tetraedra, a Saturnu, poslednjoj planeti koja je starim astronomima bila poznata — sfera oko kocke. Pritom, elementi ovih poliedara trebalo bi da stoje u određenim harmoniskim odnosima. Prostor, međutim, obuhvaćen Marsovom i Jupitrovom putanjom bio je previše veliki, i to je Kepleru zadavalo muka. Ne našavši zadovoljavajuće rešenje u kombinacijama sa šest poznatih velikih planeta, Kepler se najzad odlučio za pretpostavku,



koju je u predgovoru svoga dela »Misterium cosmographicum« (1596), doslovno ovako formulisao: »Inter Jovem et Martem interposui novum Planetam...«\*

Ova na izgled smela pretpostavka, ostala je zadugo bez potvrde. I tek kad je sedamdesetih godina 18. stoljeća Titius ustanovio jedan relativno prost povezani niz brojeva, koji dobro predstavlja srednja rastojanja poznatih planeta, i prema kome bi na daljini 2,8 astr. jedinica trebalo da postoji nepoznato nebesko telo, astronomi su odlučili da započnu sa pretraživanjem zoodijaka, ne bi li to telo našli. U ispravnost Titiusova niza poverovalo se još više posle otkrića planete Urana (Herschel, 1781), čije je srednje udaljenje od Sunca taj niz sasvim dobro prikazivao (19,6 astr. jedinica namesto 19,2 koliko je trebalo).

Međutim, pokušaji su ostali bez uspeha, jer se nije raspolagalo dovoljno tačnim i potpunim nebeskim kartama. Zato je odlučno da se prethodno izrade nove karte zoodijačkog pojasa neba, sa zvezdama do 8 prividne veličine. Pored ostalih astronoma, u pripremi tih karata uzeo je učešća i Piazzi, sa opservatorije u Palermu.

Spremajući takvu jednu kartu za sazvežđe Bika, 1 januara 1801, s večeri, Piazzi nađe na položaju:  $3^{\text{h}} 27' 2'' + 15^{\circ} 38'$  zvezdasto telo, oko 8 prividne veličine, koga nije bilo na Meyerovoj karti, prema kojoj je on vršio upoređenja. U prvi mah Piazzi-u to nije izgledalo ni malo čudno. No, sutradan, kad je s večeri hteo ponovo do proveriti položaj nove zvezde, Piazzi utvrdi da se ona pomerila u odnosu na okolne zvezde, i iz toga zaključio da je objekat verovatno kakva slabija kometa, jer nije ni slutio da on može biti planetnog karaktera.

U želji da sam izračuna putanju nađena nebeskog tela, Piazzi je pažljivo pratio njegovo kretanje i u toku šest nedelja povremeno određivao položaje, ne saopštavajući nikome ništa o svome otkriću.

Teško oboljenje, koje ga je duže vremena prikovalo za postelju, nagnalo je Piazzi-a da objavi pronalazak preko pisama upućenih Bode-u, direktoru opservatorije u Berlinu, i Oriani-u, direktoru opservatorije u Milanu, koja su ovo dvoje primili sa velikim zakašnjenjem. Iako je Piazzi u svojim pismima saopštavao o otkriću nove »komete«, činjenica da je telo bilo zvezdasta izgleda i imalo srazmerno sporo kretanje, bila je za Bode-a dokaz da pronađeno telo nije kometa, već nova planeta Sunčeva sistema, koja se kreće u prostoru između Marsa i Jupitera, na srednjoj udaljenosti od oko 420 mil. kilometara.

\* t. j. »Između Jupitera i Marsa umetnuo sam novu planetu...«

Bode, a zatim mnogi drugi astronomi, pokušali su da na osnovi objavljenih posmatranih položaja izračunaju putanju nebeskog tela i da ga ponovo nađu, jer je Piazzi-evo zadnje posmatranje bilo obavljeno još 11 februara. Ali, kako su računski putanje bili prilično nepouzdati, planeta nije nađena. Ovo je navelo Gaussa, talentovana mladog matematičara, da pokuša i reši opšti problem određivanja putanje, bez ikakve pretpostavke o njenoj prirodi (kružna, parabolička, hiperbolička ili eliptička), koji je pre njega astronomima zadavao dosta teškoća. Gauss uspe u tome i u prvoj primeni svoje metode izračuna eliptičku putanju Piazzi-eve planete, koja je u međuvremenu dobila ime *Ceres*. Na osnovi ove putanje on odredi i mesta gde bi se planeta pred kraj godine trebala da nalazi.

Zasnivajući svoje traganje na Gaussovoj efemeridi (niz podataka položaja planete), Olbersu pođe za rukom da planetu ponovo nađe nedaleko od predviđena položaja, 1 januara 1802, t. j. tačno godinu dana posle njena otkrića, i da je zatim više puta posmatra.

Tako je *Ceres* postala nova, u to doba osma planeta Sunčeva sistema, a njeno otkriće uverilo je astronome u ispravnost Keplerove pretpostavke i smatrano kao potvrda Titiusova niza, koga je unekoliko preradio Bode, i koji je zato u astronomiji poznatiji pod imenom Titius-Bodeova zakona. Planeta *Ceres* popunila je po danjem opštem uverenju prazninu između Marsa i Jupitera i na taj način, verovalo se, skinula s dnevna reda pitanje postojanja nepoznate planete.

No, utoliko je veće iznenađenje za astronome bila vest, da je Olbers iz Bremena, otkrio 28 marta 1802 godine, u blizini mesta gde je tri meseca ranije tražio planetu *Ceres*, novo telo 7 prividne veličine, koje se lagano pomeralo među okolnim zvezdama. Prve izračunate putanje pokazale su da se *Pallas*, kako je Olbers nazvao novopronađenu planetu, takođe kreće u međuprostoru Marsove i Jupiterove putanje, na približno istom srednjem otstojanju kao i *Ceres*, iako joj je nagib putanje prema ekliptici bio znatno veći, a ekscentričnost putanje prelazila ekscentricitet Merkurove putanje.

Dva poslednja momenta izazvali su kod pojedinih astronoma (Bode, Zach, i dr.) sumnju da je *Pallas* planeta, pa su nasuprot svome ranijem stavu u slučaju *Cerere*, pokušali da dokažu kako se sad radi o planetama sličnim kometi.

Sumnja je otpala kad je Harding, radeći na još potpunijim zvezdanim kartama, 1 septembra 1804 našao u sazvežđu Riba i treću malu planetu, kao zvezdu 7—8 prividne veličine, za koju Gauss na



osnovi svojih računa eliptičke putanje oko Sunca utvrđuje da pripada grupi planeta Ceres—Pallas.

Prema Gaussovima elementima proizlazilo je, da se Ceres i Pallas na određenome mestu svojih putanja mogu uzajamno znatno približiti, a tačka na nebu gde je to približavanje moguće, leži nedaleko od zvezde  $\beta$  Virginis. Iz ove činjenice Olbers je izveo zaključak: da Ceres i Pallas predstavljaju ostatke neke velike planete, koja je doživela katastrofu i raspala se baš na mestu gde dolazi do njihova približavanja. Otkriće planetoida *Juno* još više ga je učvrstilo u tome uverenju, pa je posvetio prilično vremena pretraživanju te oblasti neba, jer je po njegovu shvatanju na mestu rasprskavanja trebalo povremeno da se nađu i dalji ostaci raspale planete.

Ali se to očekivanje nije ispunilo, a njegovo verovanje pokolebalo, kad je 3 aprila 1807 otkrio malu planetu, *Vesta*, čiji elementi, koje je opet izračunao Gauss i po tim svojim radovima postao opšte poznat, nisu zadovoljavali Olbersovu pretpostavku.

Posle ovih prvih pronalazaka, sve do 1845 godine nije otkrivena bila nikakva druga mala planeta, pa se mislilo da ih i nema više od četiri. Međutim, 8 decembra te godine, amater astronom Hencke iz Dresdena naše i petu planetu, *Astraea*, znatno slabijeg sjaja (oko 10 priv. veličine) od ostalih, čime je započet čitav niz kasnijih otkrića.

U međuvremenu bile su izrađene detaljne karte neba, koje su znatno olakšale traganje za novim malim planetama i doprinele pronalazanju velikog broja ovih telašaca, ranije nepoznatih pripadnika Sunčeva sistema. Njihov broj počeo je naročito naglo da se povećava od dana primene fotografske metode pretraživanja neba, koju je po prvi put uveo Wolf 1891 godine. Od tada, pa do danas, astronomi su zabeležili preko 5.000 novih asteroida, od kojih je nešto manje od jedne trećine (dosad 1568 planetoida) svrstano u red konačno poznatih; drugim rečima, za ove među pronađenim bili su prikupljeni dovoljni podaci posmatranja, potrebni za određivanje njihove tačne eliptičke putanje oko Sunca. Ostali predstavljaju grupu nedovoljno poznatih, ili izgubljenih planeta.

Blagodareći napretku tehnike optičkih instrumenata, koja je omogućila izgradnju moćnih svetlosno jakih astrografa, broj novih pronalazaka malih planeta i dalje raste iz godine u godinu. Istina, tela ove vrste, sjajnija od 12 priv. veličine već su gotovo iscrpljena — pronađena. Retkost u otkrićima predstavljaju i planetoidi čija je prividna veličina 13, jer poslednjih nekoliko godina astronomi javljaju samo za pronalazke još sitnijih među njima, sa sjajem iz-

među 15<sup>m</sup> 5 i 15<sup>m</sup> 5. U svakom slučaju, sve veći i savršeniji astronomski aparati i nove metode posmatranja i rada vode nas sve dalje putem upoznavanja sastava našeg planetarnog sistema. Pošav od jedne nejasne ideje koju je nabacio Kepler pre više od 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub> stoleća, došli smo postepeno do saznanja, da prostor obuhvaćen Marsovom i Jupitrovom putanjom nije nenaseljen, već da u njemu vrvi, ne jedan, ne nekoliko, nego čitav roj sitnih nebeskih tela — planetoida.

Među imenima astronoma, vezanih za brojne pronalazke malih planeta, susreću se najčešće imena Wolfa, Reimutha, Palise, Neujmina, Jacksona, Delporta i drugih. Naši astronomi, i pored skromnih aparata kojima raspolažu za ovu vrstu posmatračke delatnosti, imali su također prilično uspeha: od 1936 godine, kad se započelo sa sistematskim posmatranjem malih planeta, Opservatorija u Beogradu zabeležila je dosad 23 nova pronalaska, od kojih su 7 planetoida dobili eliptičke putanje, a neki svrstani i u red definitivno poznatih (planetoidi pod br. 1517, 1550, 1554 i 1564).

Sve novo otkrivene male planete nose prethodno privremenu oznaku, na pr. 1940 RE, koja označava da je planeta otkrivena 1940 godine, u prvoj polovini septembra meseca (oznaka R), kao peta po redu (oznaka E). Kasnije, kad se za neku od njih odredi tačna eliptička putanja na osnovi većeg broja posmatranja, i bude eventualno ponovo nađena u narednoj opoziciji sa Suncem (recimo iduće godine, ako u njoj dolazi do takvog položaja), ona dobiva redni broj kataloga — biva »numerisana«, a po želji pronalazačevoj i imenovana. Oznake planeta i njihovo katalogiziranje vrši međunarodna astronomska centrala za male planete, kojoj se prema dogovoru sva otkrića moraju što pre javiti.

Kad se govori o roju planetoida, obično se misli na prsten širine oko 1,5 astr. jedinica, t. j. oko 225 mil. km, što ga oni obrazuju u prostoru između Marsa i Jupitera, počev od srednjeg udaljenja 2,0 astr. jedinice, ili približno 290 mil. km od Sunca. Planetoidi koji pripadaju ovom prstenu predstavljaju grupu tzv. »prosečnih« planetoida. No, raspored njihov u roju nije ravnomeran, a putanje su im prilično haotično razmeštene, iako su im periheli orijentisani u pravcu Jupiterova.

Uopšte uzev, ako se planetoidi grupišu prema svojim srednjim daljinama od Sunca, u prstenu njihovu pojavljuju se izvesne praznine, i to na onim mestima, gde srednja dnevna kretanja (prosečne brzine na eliptičkoj putanji) planetoida prema srednjem dnevnom kretanju planete Jupitera stoje u odnosima:  $\frac{2}{1}$ ,  $\frac{3}{1}$ ,  $\frac{5}{2}$ ,  $\frac{5}{3}$ ,  $\frac{7}{2}$ ,  $\frac{7}{3}$ ,



itd. Ova pojava pripisuje se dejstvu Jupitera i poremećajima što ih on kao telo srazmerno veće mase prouzrokuje u prostoru.

U poređenju sa velikim planetama, izuzev Merkura i Plutona, putanje planetoida imaju relativno velike ekscentricitete, t. j. putanje su im приметно izdužene ellipse. Prosečna brojna ekscentričnost\* kreće se kod njih između 0,10 i 0,25, a nagib putanje prema ravni ekliptike leži u najvećem broju slučajeva između 0° i 15°.

Ovo su, međutim, srednje karakteristike planetoida, jer ima i takvih koji znatno odstupaju, bilo prema svojoj srednjoj daljini od Sunca, bilo po ekscentricitetu, ili pak nagibu putanje. Takvi planetoidi predstavljaju doduše retkost i njihovim pronalascima astronomi poklanjaju posebnu pažnju. Među ovima ističu se naročito planetoidi koji se mogu znatno približiti Zemlji, ili takvi još, čije su najveće blizine Suncu (periheli) manje od Zemljine, pa čak i Venerine i Merkurove. U ovu grupu planetoida ulaze: 433 Eros, otkriven 1898 godine, koji se Zemlji može približiti na oko 21,7 mil. km, i koji je otuda naročito povoljan za određivanje Sunčeve paralakse; zatim, 1221 Amor, pronađen 1932 godine (Delporte), koji prilazi Zemlji na 13 mil. km, pa planetoidi: *Apollo*, *Adonis*, *Hermes* i *Icarus*, otkriveni 1932, 1936, 1937, odnosno 1949 godine. Pretposljednji zalazi u prostor između Venerine i Merkurove putanje, a poslednji, čiji su elementi putanje dosta pouzdano određeni, jer je mogao biti dovoljno dugo posmatran, preseca Merkurovu putanju i približava se Suncu na 28 mil. km. Njegov redni broj u katalogu »Minor Planets« je 1568. Planetoid 433 Eros zanimljiv je i po tome, što je kod njega zapažena osetna promena sjaja u kratkim, katkad neujednačenim vremenskim razmacima (za oko jednu priv. veličinu u toku 5<sup>h</sup> i 16<sup>h</sup>), pojava koja se pripisuje njegovom nepravilnom obliku. Slična promena sjaja utvrđena je, ma da u manjim razmerama, i kod nekoliko drugih planetoida. To je dalo povoda Kuiperu da ponovo oživi Olbersovu hipotezu o postanku malih planeta. Pretpostavka je izmenjena utoliko, što je mesto jedne planete uvedeno 5—10 osnovnih centara — aglomeracija, od kojih su se neki održali i sačinjavaju planetoidne tipa Ceres, a ostali sudarom raspadli u sitnija tela nepravilna oblika, po svojim osobinama slična meteoritima.

Velikom ekscentričnošću putanje odlikuju se još i planetoidi: 719 Albert (e: 0,54), 887 Alinda (e: 0,53), 944 Hidalgo (e: 0,65) i 1036 Ganymed (e: 0,54), pa su im po toj osobini putanje slične pu-

\* Pod brojnom ekscentričnošću razume se odnos  $\frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$  gde je  $a$  velika, a  $b$  mala poluosa ellipse.

tanjama kratkoperiodičnih kometa (na pr. kometa Brooks imala je e: 0,46, Holmes e: 0,41, Tempel e: 0,40). Planetoid 944 Hidalgo ima uz to i najveći poznati nagib putanje prema ekliptici (42°,6) i najveću dosad poznatu srednju daljinu od Sunca (5,79 astr. jed.), tako da se zbog velike ekscentričnosti može znatno približiti planeti Saturnu. Velike nagibe ravni putanje imaju i planetoidi: 2 Pallas, kod koga je on 34°,8, zatim 945 Barcelona, sa nagibom od 32°,8, 1208 Troilus sa 33°,7, 1252 Celestina — 33°,9, 1301 Yvonne — 33°,9 i neimenovani 1373 1935 QN — 38°,9. Otuda nije ni malo čudno što su astronomi, naišavši na planetoidne sa ovakvim osobinama, nekoliko puta bili poverovali da pred sobom imaju telo kometarne prirode, i da se tek kasnije ustanovilo, da ono pripada planetoidskom roju; šta više, preko ovih karakteristika moglo bi se zaključiti da između planetoida i kometa postoji neka tešnja, zasad još neutvrđena veza.

Posebnu zanimljivost predstavljaju isto tako parovi planetoida, kao što su 37 Fides i 66 Maja, koji imaju vrlo slične putanje, što se vidi iz pregleda njihovih elemenata:

37 Fides	2,642	0,176	8°,5	3°,1	59°,5
66 Maja	2,646	0,174	9°,0	3°,1	40°,3

Grupu za sebe predstavlja tzv. »Trojanska« ili Jupiterova grupa malih planeta, koju obrazuju asteroidi čija je srednja daljina približno jednaka Jupiterovoj (a: 5,20 astr. jed.), tj. koji se kreću približno istom brzinom kao i on (misli se, naime, na srednje dnevno kretanje njihovo), a nalaze se stalno: neki oko 60° istočno, a drugi, opet, oko 60° zapadno od Jupitera.

Istočnu trojansku grupu sačinjavaju planetoidi: 588 Achilles, 624 Hektor, 659 Nestor, 911 Agamemnon, 1143 Odysseus, 1404 Ajax, 1437 Diomedes i nenumerisani 1949 SA, 1949 SB i 1950 SA — a zapadnu: 617 Patroclus, 884 Priamus, 1172 Aeneas, 1173 Anchises i 1208 Troilus. Da su astronomi prilikom dodeljivanja naziva podelili više računa, pa da je planetoid 624 dobio ime Patroclus, a planetoid 617 ime Hector, onda bismo u istočnoj trojanskoj grupi planetoida imali zastupljena imena junaka grčkog tabora, a u zapadnoj grupi trojanskog, — osvajača i branilaca Troje, prema poznatoj legendi istorije starog veka.

Prva dva trojanca, 588 i 617, pronađeni su 1906 godine, — jedan 22 februara (Wolf) 55° istočno od Jupitera, a drugi 17 oktobra (Kopff) 57° zapadno od Jupitera, i oba sa opservatorije Koenigstuhl (Nemačka).

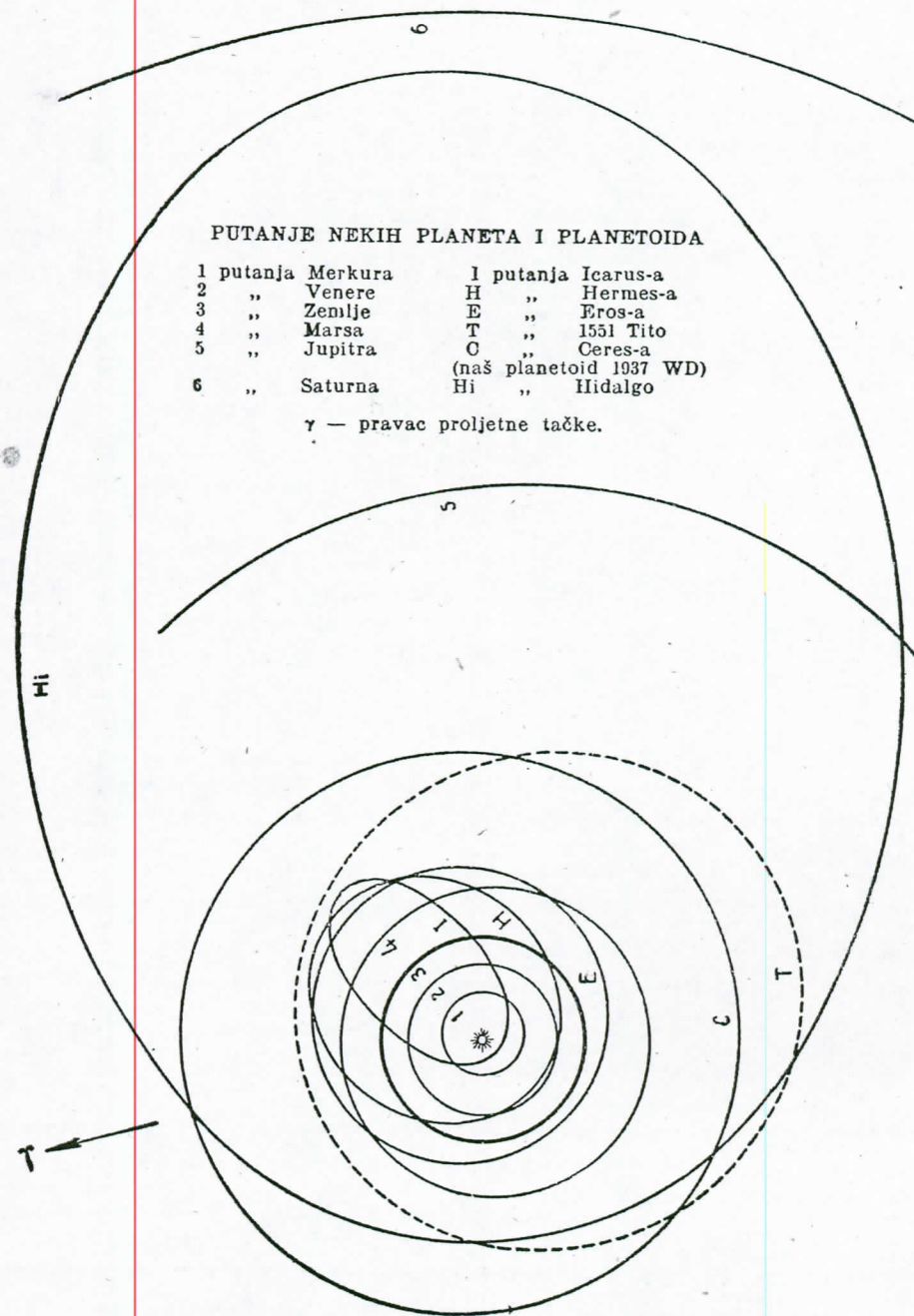


Postojanjem trojanske grupe planetoida potvrđen je teorijski rezultat, što ga je još 1772 dao Lagrange razmatrajući problem tri tela. Rezultat se sastoji u dokazu, da će dve mase, dve planete npr. podložne uzajamnom dejstvu privlačne sile, srazmerno Newtonovu zakonu gravitacije, i pod uticajem sile privlačenja treće, centralne mase (Sunca), zadržavati stalno isti međusobni položaj, ako sa centralnom masom grade ravnokrani trougao, tj. ako sve tri od njih leže na temenima takvog trougla. Trojanci približno ispunjavaju uslove koje je Lagrange bio postavio u cilju rešenja problema. U stvari, oni su okupljeni oko temena istočnog i zapadnog ravnokrannog trougla, čiju zajedničku osnovicu pretstavlja pravac Sunce—Jupiter. Kao što je pokazao Charlier, oko tih temena trojanci osciluju u razdoblju od oko 150 godina, pa su zato ona nazvana »libracione tačke«.

Ranije smo već napomenuli da se pronalasci planetoida sjajnijih od 13 priv. veličine smatraju kao retkost, i da tokom godina bivaju otkrivani sve slabiji i slabiji od njih. Otuda se postavlja pitanje broja planetoida uopšte, — drugim rečima, koliko njih sačinjava roj, ili, što je gotovo isto, kolika je ukupna masa roja.

Na ovo pitanje pokušali su da odgovore mnogi astronomi-teoretičari. Tako naprimer, Le Verrier, koji je poznat po teoriskom predviđanju mesta planete Neptuna, na kome je ona stvarno bila nađena, procenjuje na osnovi poremećaja u kretanju Marsa, da bi masa planetoida mogla iznositi bar  $\frac{1}{4}$  Zemljine. Ravne nalazi, međutim, mnogo manju vrednost —  $\frac{1}{115}$  deo Zemljine mase, a Stroobant u svojoj iscrpnoj studiji malih planeta zaključuje, kako masa roja ne prelazi znatno  $\frac{1}{2.000}$  deo Zemljine. Na osnovi te svoje procene Stroobant daje i moguć broj planetoida, do zaključno 20 priv. veličine. Po prvoj njegovoj proceni njih je oko 100.000, a po kasnijoj treba da ih ima oko 57.000.

Što se pravih veličina planetoida tiče, one su određene samo za nekoliko njih, a i ta merenja su dosta nepouzdana. Danas se usvajaju kao najsigurniji podaci Barnardova mikrometerska merenja, prema kojima Ceres treba da ima prečnik 768 km, Pallas — 483 km, Juno — 385 km, a Vesta — 193 km. Fotometriske metode daju manje vrednosti (za Ceres i Pallas između 300 do 400 km). S obzirom na ove vrednosti, ma kako one bile grube, uz pretpostavku samo da svi planetoidi podjednako reflektuju svetlost, može se zaključiti da prečnici najslabijih dosad posmatranih planetoida ne prelaze nekoliko stotina metara.





## SADRŽAJ

I. UVOD I KALENDAR	5
Geografske koordinate zvjezdarnica u Zagrebu	6
Astronomski znaci i pokrate	6
Podaci o godini 1952.	7
Kalendar 1952.	8
Tumač kalendaru	12
II. EFEMERIDE SUNČEVA SUSTAVA	13
Efemeride Sunca, Mjeseca i planeta	14
Elementi za fizička opažanja Sunca	38
Pomrčine Sunca i Mjeseca u 1952.	40
Pojave kod četiriju velikih Jupiterovih satelita 1952.	42
Položaji četiriju Jupiterovih satelita 1952.	43
Zvezdano nebo i pojave po mjesecima	45
Kretanje Marsa u 1952.	57
Kretanje Jupitera u 1952.	58
Kretanje Saturna i Urana u 1952.	59
Zvezdano jaro Plejade	60
III. TUMAČ EFEMERIDAMA	61
Glavni pojmovi sferne astronomije	62
Upotreba efemerida	81
IV. ASTRONOMSKE KONSTANTE I PODACI	87
1. Astronomske konstante	88
2. Astronomski podaci o Suncu	89
3. Astronomski podaci o Zemlji	89
4. Astronomski podaci o Mjesecu	90
5. Elementi staza Sunčeva sustava	91
6. Podaci o velikim planetama	92
7. Sateliti velikih planeta	93
8. Elementi staza periodičkih kometa	95
9. Gavnih brojevi meteora	97
10. Popis zvijezda	98
11. Srednja mjesta osnovnih zvijezda	100
12. Konstante za redukciju 1952.	104
13. Najbliže zvijezde	105
14. Petnaest najsjajnijih zvijezda	107
15. Zvijezde sa najvećim vlastitim gibanjem	108
16. Zvijezde sa najvećim radialnim gibanjem	109
17. Petnaest najsjajnijih dvojnih zvijezda	110
18. Eklipsne promjenljive zvijezde	111

19. Minima Algola 1952. . . . .	112
20. Minima $\beta$ Lyrae 1952. . . . .	112
21. Sjajnije kratkoperiodične promjenljive zvijezde . . . . .	113
22. Sjajnije dugoperiodične promjenljive zvijezde . . . . .	114
23. Sjajnije nepravilno promjenljive zvijezde . . . . .	115
24. Sjajne nove zvijezde od 1900—1950. . . . .	116
25. Sjajnije planetarne maglice . . . . .	116
26. Difuzne maglice . . . . .	117
27. Tamni oblaci . . . . .	117
28. Sjajnija zvjezdana jata . . . . .	118
29. Sjajni kuglasti skupovi . . . . .	118
30. Podaci o Galaktičkom sustavu . . . . .	119
31. Značajnije galaksije . . . . .	120
32. Skupovi galaksija . . . . .	121
Tumač tablicama . . . . .	122
V. POMOĆNE TABLICE . . . . .	143
1. Tablica julijanskih dana od 1900—2000 god. . . . .	144
2. Normalna refrakcija . . . . .	145
3. Korekcija normalne refrakcije . . . . .	146
4. Precesija u deklinaciji . . . . .	147
5. Precesija u rektascenziji . . . . .	148
6. Trajanje građanskog sumraka . . . . .	149
7. Trajanje astronomskog sumraka . . . . .	149
8. Poludnevni luk . . . . .	150
9. Pretvaranje zvjezdanog vremena u srednje vrijeme . . . . .	151
10. Pretvaranje srednjeg vremena u zvjezdano vrijeme . . . . .	152
11. Pretvaranje satova, minuta i sekunda u decimalne dijelove dana . . . . .	153
12. Depresija horizonta i daljina vida . . . . .	157
13. Mjere za daljine u astronomiji . . . . .	158
14. Pretvaranje prividnih veličina zvijezda u apsolutne . . . . .	158
15. Pretvaranje razlike veličina u omjer sjaja . . . . .	159
16. Glavne spektralne linije Sunčeva spektra . . . . .	162
17. Vremenske zone (sa slikom) . . . . .	163
18. Geografske koordinate . . . . .	165
19. Jedinice za duljinu . . . . .	166
20. Jedinice za površinu . . . . .	167
21. Jedinice za težinu . . . . .	169
23. Jedinice za energiju . . . . .	170
24. Jedinice za snagu . . . . .	171
25. Jedinice za tlak . . . . .	171
26. Električni . . . . .	172
Tumač pomoćnim tablicama . . . . .	173
Tablice logaritama, sinusa i tangensa . . . . .	176
VI. ČLANCI . . . . .	185
Dr. S. Hondl: Boškovićev dalekozor s vodom . . . . .	187
Dr. V. Niče: Bošković i geometrija . . . . .	228
Dr. Đ. N. Kolić: Marin Getaldić, Daničić-Hodierna i jedno pismo italijanskog naučnika Burrattinija francuskom astronomu Boulliau-u . . . . .	242
I. Atanasijević: O Suncu (kratak pregled osnovnih činjenica i posmatračkih metoda) . . . . .	254
M. B. Protić: Male planete (planetoidi, asteroidi) . . . . .	279



