

111 19277

# BOŠKOVIĆ

ALMANAH

HRVATSKOGA PRIRODOSLOVNOG  
DRUŠTVA

ZA GODINU

1951.

9. VII. 1975. 18812

ZAGREB 1951.

„TIPOGRAFIJA“, GRAFIČKO-NAKLADNI ZAVOD  
U ZAGREBU



I. UVOD I KALENDAR

Geografske koordinate zvjezdarnice Hrvatskoga 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 03m 54.9s

(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. Znac u Sunčevu sustavu

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

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

### PODACI O GODINI 1951

Početak proljeća: 21. III. 51. 11h 26m SEV  
 „ ljeta : 22. VI. 51. 6h 25m „  
 „ jeseni : 23. IX. 51. 21h 38m „  
 „ zime : 22. XII. 51. 17h 01m „

Početak godine 1951. po Besselu (kad je duljina  $\odot = 280^{\circ}$  uključivo aberaciju) u oznaci 1951'0 jest 1951. Jan. 1'166

# KALENDAR 1951.

## U Ob 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	Po	0	'000	2433 647'5	Če	31	'085	678'5	Če	59	'162	706'5
2'0	Ut	1	'003	648'5	Pe	32	'088	679'5	Pe	60	'164	707'5
3'0	Sr	2	'005	649'5	Su	33	'090	680'5	Su	61	'167	708'5
4'0	Če	3	'008	650'5	Ne	34	'093	681'5	Ne	62	'170	709'5
5'0	Pe	4	'001	651'5	Po	35	'096	682'5	Po	63	'172	710'5
6'0	Su	5	'014	652'5	Ut	36	'099	683'5	Ut	64	'175	711'5
7'0	Ne	6	'016	653'5	Sr	37	'101	684'3	Sr	65	'188	712'5
8'0	Po	7	'019	654'5	Če	38	'104	685'5	Če	66	'181	713'5
9'0	Ut	8	'022	655'5	Pe	39	'107	686'5	Pe	67	'183	714'5
10'0	Sr	9	'025	656'5	Su	40	'110	687'5	Su	68	'186	715'5
11'0	Če	10	'027	657'5	Ne	41	'112	688'5	Ne	69	'189	716'5
12'0	Pe	11	'030	658'5	Po	42	'115	689'5	Po	70	'192	717'5
13'0	Su	12	'033	659'5	Ut	43	'118	690'5	Ut	71	'194	718'5
14'0	Ne	13	'036	660'5	Sr	44	'120	691'5	Sr	72	'197	719'5
15'0	Po	14	'038	661'5	Če	45	'123	692'5	Če	73	'200	120'5
16'0	Ut	15	'041	662'5	Pe	46	'126	693'5	Pe	74	'203	721'5
17'0	Sr	16	'044	663'5	Su	47	'129	694'5	Su	75	'205	722'5
18'0	Če	17	'047	664'5	Ne	48	'131	695'5	Ne	76	'208	723'5
19'0	Pe	18	'049	665'5	Po	49	'134	696'5	Po	77	'211	724'5
20'0	Su	19	'052	666'5	Ut	50	'137	697'5	Ut	78	'214	725'5
21'0	Ne	20	'055	667'5	Sr	51	'140	698'5	Sr	79	'216	726'5
22'0	Po	21	'057	668'5	Če	52	'142	699'5	Če	80	'219	727'5
23'0	Ut	22	'060	669'5	Pe	53	'145	700'6	Pe	81	'222	728'5
24'0	Sr	23	'063	670'5	Su	54	'148	701'5	Su	82	'225	729'5
25'0	Če	24	'066	671'5	Ne	55	'151	702'5	Ne	83	'227	730'5
26'0	Pe	25	'068	672'5	Po	56	'153	703'5	Po	84	'230	731'5
27'0	Su	26	'071	673'5	Ut	57	'154	704'5	Ut	85	'233	732'5
28'0	Ne	27	'074	674'5	Sr	58	'159	705'5	Sr	86	'235	733'5
29'0	Po	28	'077	675'5					Če	87	'238	734'5
30'0	Ut	29	'079	676'5					Pe	88	'241	735'5
31'0	Sr	30	'082	677'5					Su	89	'244	736'5

# KALENDAR 1951.

## U Ob 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	Ne	90	'246	2433 737'5	Ut	120	'329	767'5	Po	151	'413	798'5
2'0	Po	91	'249	738'5	Sr	121	'331	768'5	Su	152	'416	799'5
3'0	Ut	92	'252	739'5	Če	122	'334	769'5	Ne	153	'419	800'5
4'0	Sr	93	'255	740'5	Pe	123	'337	770'5	Po	154	'422	801'5
5'0	Če	94	'257	741'5	Su	124	'340	771'5	Ut	155	'424	802'5
6'0	Pe	95	'260	742'5	Ne	125	'342	772'5	Sr	156	'427	803'5
7'0	Su	96	'263	743'5	Po	126	'345	773'5	Če	157	'430	804'5
8'0	Ne	97	'266	744'5	Ut	127	'348	774'5	Pe	158	'433	805'5
9'0	Po	98	'268	745'5	Sr	128	'350	775'5	Su	159	'435	806'5
10'0	Ut	99	'271	746'5	Če	129	'353	776'5	Ne	160	'438	807'5
11'0	Sr	100	'274	747'5	Pe	130	'356	777'5	Po	161	'441	808'5
12'0	Če	101	'277	748'5	Su	131	'359	778'5	Ut	162	'444	809'5
13'0	Pe	102	'279	749'5	Ne	132	'361	779'5	Sr	163	'446	810'5
14'0	Su	103	'282	750'5	Po	133	'364	780'5	Če	164	'449	811'5
15'0	Ne	104	'285	751'5	Ut	134	'367	781'5	Pe	165	'452	812'5
16'0	Po	105	'287	752'5	Sr	135	'370	782'4	Su	166	'454	813'5
17'0	Ut	106	'290	753'5	Če	136	'372	783'5	Ne	167	'457	814'5
18'0	Sr	107	'293	754'5	Pe	137	'375	784'5	Po	168	'460	815'5
19'0	Če	108	'296	755'5	Su	138	'378	785'5	Ut	169	'463	816'5
20'0	Pe	109	'298	756'5	Ne	139	'381	786'5	Sr	170	'465	817'5
21'0	Su	110	'301	757'5	Po	140	'383	787'5	Če	171	'468	818'5
22'0	Ne	111	'304	758'5	Ut	141	'386	788'5	Pe	172	'471	819'5
23'0	Po	112	'307	759'5	Sr	142	'389	789'5	Su	173	'474	820'5
24'0	Ut	113	'309	760'5	Če	143	'392	790'5	Ne	174	'476	821'5
25'0	Sr	114	'302	761'5	Pe	144	'394	791'5	Po	175	'479	822'5
26'0	Če	115	'315	762'5	Su	145	'397	792'5	Ut	176	'482	823'5
27'0	Pe	116	'318	763'5	Ne	146	'400	793'5	Sr	177	'485	824'5
28'0	Su	117	'320	764'5	Po	147	'402	794'5	Če	178	'487	825'5
29'0	Ne	118	'323	765'5	Ut	148	'405	795'5	Pe	179	'490	826'5
30'0	Po	119	'326	766'5	Sr	149	'408	796'5	Su	180	'493	827'5
31'0					Če	150	'411	797'5				

# KALENDAR 1951.

## 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
				2433				2433				2433
1 <sup>o</sup>	Ne	181	*496	828 <sup>5</sup>	Sr	212	*580	859 <sup>5</sup>	Su	243	*665	890 <sup>5</sup>
1 <sup>o</sup>	Po	182	*498	829 <sup>5</sup>	Če	213	*583	860 <sup>5</sup>	Ne	244	*668	891 <sup>5</sup>
3 <sup>o</sup>	Ut	183	*501	830 <sup>5</sup>	Pe	214	*586	861 <sup>5</sup>	Po	245	*671	892 <sup>5</sup>
4 <sup>o</sup>	Sr	184	*504	831 <sup>5</sup>	Su	215	*589	862 <sup>5</sup>	Ut	246	*674	893 <sup>5</sup>
5 <sup>o</sup>	Če	185	*507	832 <sup>5</sup>	Ne	216	*591	863 <sup>5</sup>	Sr	247	*676	894 <sup>5</sup>
6 <sup>o</sup>	Pe	186	*509	833 <sup>5</sup>	Po	217	*594	864 <sup>5</sup>	Če	248	*679	895 <sup>5</sup>
7 <sup>o</sup>	Su	187	*512	834 <sup>5</sup>	Ut	218	*597	865 <sup>5</sup>	Pe	249	*682	896 <sup>5</sup>
8 <sup>o</sup>	Ne	188	*515	835 <sup>5</sup>	Sr	219	*500	866 <sup>5</sup>	Su	250	*684	897 <sup>5</sup>
9 <sup>o</sup>	Po	189	*517	836 <sup>5</sup>	Če	220	*602	867 <sup>5</sup>	Ne	251	*687	898 <sup>5</sup>
10 <sup>o</sup>	Ut	190	*520	837 <sup>5</sup>	Pe	221	*605	868 <sup>5</sup>	Po	252	*690	899 <sup>5</sup>
11 <sup>o</sup>	Sr	191	*523	838 <sup>5</sup>	Su	222	*608	869 <sup>5</sup>	Ut	253	*693	900 <sup>5</sup>
12 <sup>o</sup>	Če	192	*526	839 <sup>5</sup>	Ne	223	*611	870 <sup>5</sup>	Sr	254	*695	901 <sup>5</sup>
13 <sup>o</sup>	Pe	193	*528	840 <sup>5</sup>	Po	224	*613	871 <sup>5</sup>	Če	255	*698	902 <sup>5</sup>
14 <sup>o</sup>	Su	194	*531	841 <sup>5</sup>	Ut	225	*616	872 <sup>5</sup>	Pe	256	*701	903 <sup>5</sup>
15 <sup>o</sup>	Ne	195	*534	842 <sup>5</sup>	Sr	226	*619	873 <sup>5</sup>	Su	257	*704	904 <sup>5</sup>
16 <sup>o</sup>	Po	196	*537	843 <sup>5</sup>	Če	227	*622	874 <sup>5</sup>	Ne	258	*706	905 <sup>5</sup>
17 <sup>o</sup>	Ut	197	*539	844 <sup>5</sup>	Pe	228	*624	875 <sup>5</sup>	Po	279	*709	906 <sup>5</sup>
18 <sup>o</sup>	Sr	198	*542	845 <sup>5</sup>	Su	229	*627	876 <sup>5</sup>	Ut	260	*712	907 <sup>5</sup>
19 <sup>o</sup>	Če	199	*545	846 <sup>5</sup>	Ne	230	*630	877 <sup>5</sup>	Sr	261	*715	908 <sup>5</sup>
20 <sup>o</sup>	Pe	200	*548	847 <sup>5</sup>	Po	231	*632	878 <sup>5</sup>	Če	262	*717	909 <sup>5</sup>
21 <sup>o</sup>	Su	201	*550	848 <sup>5</sup>	Ut	232	*635	879 <sup>5</sup>	Pe	263	*720	910 <sup>5</sup>
22 <sup>o</sup>	Ne	202	*553	849 <sup>5</sup>	Sr	233	*638	880 <sup>5</sup>	Su	264	*723	911 <sup>5</sup>
23 <sup>o</sup>	Po	203	*556	850 <sup>5</sup>	Če	234	*641	881 <sup>5</sup>	Ne	265	*726	912 <sup>5</sup>
24 <sup>o</sup>	Ut	204	*559	851 <sup>5</sup>	Po	235	*643	882 <sup>5</sup>	Po	266	*728	913 <sup>5</sup>
25 <sup>o</sup>	Sr	205	*561	852 <sup>5</sup>	Su	236	*646	883 <sup>5</sup>	Ut	267	*731	914 <sup>5</sup>
26 <sup>o</sup>	Če	206	*564	853 <sup>5</sup>	Ne	237	*649	884 <sup>5</sup>	Sr	268	*734	915 <sup>5</sup>
27 <sup>o</sup>	Pe	207	*567	854 <sup>5</sup>	Po	238	*652	885 <sup>5</sup>	Če	269	*736	916 <sup>5</sup>
28 <sup>o</sup>	Su	208	*569	855 <sup>5</sup>	Ut	239	*654	886 <sup>5</sup>	Pe	270	*739	917 <sup>5</sup>
29 <sup>o</sup>	Ne	209	*572	856 <sup>5</sup>	Sr	240	*657	887 <sup>5</sup>	Su	271	*742	918 <sup>5</sup>
30 <sup>o</sup>	Po	210	*575	857 <sup>5</sup>	Če	241	*660	888 <sup>5</sup>	Ne	272	*745	919 <sup>5</sup>
31 <sup>o</sup>	Ut	211	*578	858 <sup>5</sup>	Pe	242	*663	889 <sup>5</sup>				

# KALENDAR 1951.

## 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
				2433				2433				2433
1 <sup>o</sup>	Po	273	*747	920 <sup>5</sup>	Če	304	*832	951 <sup>5</sup>	Su	334	*914	981 <sup>5</sup>
2 <sup>o</sup>	Ut	274	*750	921 <sup>5</sup>	Pe	305	*835	952 <sup>5</sup>	Ne	335	*917	982 <sup>5</sup>
3 <sup>o</sup>	Sr	275	*753	922 <sup>5</sup>	Su	306	*838	953 <sup>5</sup>	Po	336	*920	983 <sup>5</sup>
4 <sup>o</sup>	Če	276	*756	923 <sup>5</sup>	Ne	307	*841	954 <sup>5</sup>	Ut	337	*923	984 <sup>5</sup>
5 <sup>o</sup>	Pe	277	*758	924 <sup>5</sup>	Po	308	*843	955 <sup>5</sup>	Sr	338	*925	985 <sup>5</sup>
6 <sup>o</sup>	Su	278	*761	925 <sup>5</sup>	Ut	309	*846	956 <sup>5</sup>	Če	339	*928	986 <sup>5</sup>
7 <sup>o</sup>	Ne	279	*764	926 <sup>5</sup>	Sr	310	*849	957 <sup>5</sup>	Pe	340	*931	987 <sup>5</sup>
8 <sup>o</sup>	Po	280	*767	927 <sup>5</sup>	Če	311	*851	958 <sup>5</sup>	Su	341	*934	988 <sup>5</sup>
9 <sup>o</sup>	Ut	281	*769	928 <sup>5</sup>	Pe	312	*854	959 <sup>5</sup>	Ne	342	*936	989 <sup>5</sup>
10 <sup>o</sup>	Sr	282	*772	929 <sup>5</sup>	Su	313	*857	960 <sup>5</sup>	Po	343	*939	990 <sup>5</sup>
11 <sup>o</sup>	Če	283	*775	930 <sup>5</sup>	Ne	314	*860	961 <sup>5</sup>	Ut	244	*942	991 <sup>5</sup>
12 <sup>o</sup>	Pe	284	*778	931 <sup>5</sup>	Po	315	*862	962 <sup>5</sup>	Sr	345	*945	992 <sup>5</sup>
13 <sup>o</sup>	Su	285	*780	932 <sup>5</sup>	Ut	316	*865	963 <sup>5</sup>	Če	346	*947	993 <sup>5</sup>
14 <sup>o</sup>	Ne	286	*783	933 <sup>5</sup>	Sr	317	*868	965 <sup>5</sup>	Pe	347	*950	994 <sup>5</sup>
15 <sup>o</sup>	Po	287	*786	934 <sup>5</sup>	Če	318	*871	965 <sup>5</sup>	Su	348	*953	995 <sup>5</sup>
16 <sup>o</sup>	Ut	288	*789	935 <sup>5</sup>	Pe	319	*873	966 <sup>5</sup>	Ne	349	*956	996 <sup>5</sup>
17 <sup>o</sup>	Sr	289	*791	936 <sup>5</sup>	Su	320	*876	967 <sup>5</sup>	Po	350	*958	997 <sup>5</sup>
18 <sup>o</sup>	Če	290	*794	937 <sup>5</sup>	Ne	321	*879	968 <sup>5</sup>	Ut	351	*961	998 <sup>5</sup>
19 <sup>o</sup>	Pe	291	*797	938 <sup>5</sup>	Po	322	*882	969 <sup>5</sup>	Sr	352	*964	999 <sup>5</sup>
20 <sup>o</sup>	Su	292	*799	939 <sup>5</sup>	Ut	323	*884	970 <sup>5</sup>	Če	353	*966	*000 <sup>5</sup>
21 <sup>o</sup>	Ne	293	*802	940 <sup>5</sup>	Sr	324	*887	971 <sup>5</sup>	Pe	354	*969	*001 <sup>5</sup>
22 <sup>o</sup>	Po	294	*805	941 <sup>5</sup>	Če	325	*890	972 <sup>5</sup>	Su	355	*971	*002 <sup>5</sup>
23 <sup>o</sup>	Ut	295	*808	942 <sup>5</sup>	Pe	326	*893	973 <sup>5</sup>	Ne	356	*975	*003 <sup>5</sup>
24 <sup>o</sup>	Sr	296	*810	943 <sup>5</sup>	Su	327	*895	974 <sup>5</sup>	Po	357	*977	*004 <sup>5</sup>
25 <sup>o</sup>	Če	297	*813	944 <sup>5</sup>	Ne	328	*898	975 <sup>5</sup>	Ut	358	*980	*005 <sup>5</sup>
26 <sup>o</sup>	Pe	298	*816	945 <sup>5</sup>	Po	329	*901	976 <sup>5</sup>	Sr	359	*983	*006 <sup>5</sup>
27 <sup>o</sup>	Su	299	*819	946 <sup>5</sup>	Ut	330	*904	977 <sup>5</sup>	Če	360	*986	*007 <sup>5</sup>
28 <sup>o</sup>	Ne	300	*821	947 <sup>5</sup>	Sr	331	*906	978 <sup>5</sup>	Pe	361	*988	*008 <sup>5</sup>
29 <sup>o</sup>	Po	301	*824	948 <sup>5</sup>	Če	332	*909	979 <sup>5</sup>	Su	362	*991	*009 <sup>5</sup>
30 <sup>o</sup>	Ut	302	*828	949 <sup>5</sup>	Pe	333	*912	980 <sup>5</sup>	Ne	363	*994	*010 <sup>5</sup>
31 <sup>o</sup>	Sr	303	*830	950 <sup>5</sup>					Po	364	*997	*011 <sup>5</sup>

## KALENDAR

U kalendaru su navedeni sljedeći podaci za trenutak 0<sup>h</sup> sati 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 (oznaka J. D.). 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 J. D. sa ,5. Kod brojaka u prosincu, označenih sa \* treba dodati naprijed 2434 a ne 2433 kako je gore označeno. Tako je 14. prosinca 2433994,5, a 24. prosinca 2434004,5 dan julijanskog perioda.

## II. EFEMERIDE SUNČEVA SUSTAVA

# SIJEČANJ 1951.

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 42 26.8	— 23 05 22	279 44.6	6 39 21.0	— 3 05.8	7 38	16 20
2	18 46 51.9	23 00 40	280 45.8	6 43 17.5	3 34.3	7 39	16 21
3	18 51 16.7	22 55 29	281 47.0	6 47 14.1	4 02.6	7 39	16 22
4	18 55 41.1	22 49 52	282 48.1	6 51 10.7	4 30.5	7 39	16 23
5	19 00 05.1	22 43 47	283 49.3	6 55 07.2	4 58.0	7 38	16 24
6	19 04 28.9	— 22 37 15	284 50.5	6 59 03.8	— 5 25.1	7 38	16 25
7	19 08 52.2	22 30 16	285 51.7	7 03 00.4	5 51.8	7 38	16 26
8	19 13 15.0	22 22 50	286 52.8	7 06 56.9	6 18.1	7 38	16 27
9	19 17 37.3	22 14 58	287 54.0	7 10 53.5	6 43.8	7 38	16 28
10	19 21 59.2	22 06 40	288 55.2	7 14 50.0	7 09.1	7 38	16 30
11	19 26 20.3	— 21 57 55	289 56.3	7 18 46.6	— 7 33.7	7 37	16 31
12	19 30 41.0	21 48 45	290 57.5	7 22 43.2	7 57.8	7 37	16 32
13	19 35 01.0	21 39 10	291 58.6	7 26 39.7	8 21.3	7 36	16 33
14	19 39 20.4	21 29 09	292 59.8	7 30 36.3	8 44.2	7 36	16 34
15	19 43 39.2	21 18 43	294 00.9	7 34 32.8	9 06.3	7 36	16 35
16	19 47 57.2	— 21 07 53	295 02.0	7 38 29.4	— 9 27.9	7 35	16 37
17	19 52 14.6	20 56 39	296 03.1	7 42 25.9	9 48.7	7 34	16 38
18	19 56 31.3	20 45 01	297 04.2	7 46 22.5	10 08.8	7 33	16 40
19	20 00 47.2	20 33 00	298 05.2	7 50 19.0	10 28.2	7 32	16 41
20	20 05 02.5	20 20 35	299 06.3	7 54 15.6	10 46.9	7 31	16 43
21	20 09 17.0	— 20 07 47	300 07.3	7 58 12.2	— 11 04.8	7 31	16 44
22	20 13 30.7	19 54 36	301 08.4	8 02 08.7	11 22.0	7 30	16 45
23	20 17 43.6	19 41 04	302 09.4	8 06 05.3	11 38.4	7 29	16 47
24	20 21 55.8	19 27 09	303 10.4	8 10 01.8	11 54.0	7 28	16 48
25	20 26 07.2	19 12 53	304 11.4	8 13 58.4	12 08.8	7 27	16 50
26	20 30 17.8	— 18 58 16	305 12.4	8 17 55.0	— 12 22.9	7 27	16 51
27	20 34 27.7	18 43 18	306 13.3	8 21 51.5	12 36.2	7 26	16 52
28	20 38 36.7	18 28 00	307 14.3	8 25 48.1	12 48.6	7 25	16 54
29	20 42 45.0	18 12 21	308 15.3	8 29 44.6	13 00.3	7 24	16 55
30	20 46 52.4	17 56 23	309 16.2	8 33 41.2	13 11.2	7 23	16 57
31	20 50 59.1	— 17 40 05	310 17.1	8 37 37.7	— 13 21.3	7 21	16 58

	Horizontalna paralaksa	Daljina od Zemlje	Polumjer	Precesija u duljini	Nutacija u duljini	Aberacija
Jan. 1.	8.95	0.98330	16 17.5	— 0.02	+ 2.54	20.82
11.	8.95	0.98345	16 17.3	+ 1.35	+ 3.12	20.81
21.	8.94	0.98403	16 16.8	2.73	+ 3.58	20.80
31.	8.93	0.98519	16 15.6	4.11	+ 3.91	20.78

# JANUAR 1951.

Datum	MJESEC					PLANETI				
	U Zagrebu (SEV)		Kulminacija u Greenwichu	Promjena za 1h za 1h duljine	Starost Oh 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	—	11 30	5 55.3	1.90	22.6					
2	1 11	11 50	6 42.6	2.05	23.6	h m	° ' "	"	h m	
3	2 30	12 14	7 34.0	2.25	24.6	1 18 50	— 20 34	0.68	4.9	12 06
4	3 54	12 44	8 30.7	2.48	25.6	11 18 09	— 20 17	0.76	4.4	10 48
5	5 20	13 27	9 33.1	2.70	26.6	21 18 25	— 21 37	0.95	3.5	10 27
VENERA										
6	6 39	14 25	10 39.6	2.81	27.6					
7	7 45	15 39	11 46.8	2.75	28.6	1 19 33	— 22 53	1.66	5.1	12 55
8	8 34	17 01	12 51.0	2.57	0.2	11 20 26	— 20 38	1.64	5.1	13 08
9	9 09	18 27	13 49.6	2.32	1.2	21 21 18	— 17 21	1.62	5.2	13 20
10	9 36	19 48	14 42.4	2.09	2.2					
MARS										
11	9 57	21 05	15 30.3	1.91	3.2	1 21 03	— 18 02	2.09	2.2	14 24
12	10 14	22 17	16 14.7	1.80	4.2	11 21 35	— 15 35	2.13	2.2	14 15
13	10 30	23 26	16 57.0	1.75	5.2	21 22 05	— 12 52	2.16	2.2	14 06
JUPITER										
14	10 46	—	17 38.8	1.75	6.2					
15	11 03	0 34	18 21.1	1.79	7.2	1 22 28	— 10 47	5.48	16.8	15 46
16	11 23	1 42	19 05.0	1.88	8.2	11 22 35	— 10 03	5.60	16.4	15 14
17	11 47	2 50	19 51.2	1.98	9.2	21 22 43	— 9 16	5.71	16.1	14 43
SATURN										
18	12 17	3 57	20 40.0	2.08	10.2					
19	12 54	5 01	21 30.9	2.16	11.2	1 12 12	+ 1 11	9.28	8.0	5 32
20	13 49	5 59	22 23.2	2.18	12.2	11 12 12	+ 1 11	9.12	8.2	4 53
21	14 40	6 48	23 15.3	2.15	13.2	21 12 12	+ 1 15	8.97	8.3	4 13
URAN										
22	15 47	7 28	—	—	14.2					
23	16 58	8 00	0 06.1	2.08	15.2	1 6 32	+ 23 34	17.90	1.9	23 49
24	18 10	8 24	0 54.7	1.98	16.2	11 6 30	+ 23 36	17.92	1.9	23 08
25	19 22	8 45	1 41.2	1.90	17.2	21 6 28	+ 23 37	17.97	1.9	22 26
NEPTUN										
26	20 33	9 03	2 25.9	1.84	18.2					
27	21 46	9 20	3 09.8	1.83	19.2	1 13 14	— 6 06	30.45	1.2	6 34
28	23 00	9 36	3 53.9	1.87	20.2	11 13 14	— 6 08	30.27	1.2	5 55
29	—	9 54	4 39.6	1.96	21.2	21 13 15	— 6 08	30.10	1.2	5 16
30	0 18	10 16	5 28.3	2.12	22.2					
31	1 37	10 43	6 21.4	2.31	23.2	1 9 39	+ 23 10	35.32	—	2 52

M J E S E C			
Mijene Mjeseca (SEV)	Perigej i Apogej	Najmanja i najveća vrijednost	
Jan. 1. ☾ 06h 11m		Horizontalna paralaksa	
7. ☉ 21 10		Polumjer	
15. ☽ 01 23	Jan. 6. 13h Perigej	60' 58"	16' 37"
23. ☉ 05 47	Jan. 18. 14h Apogej	54' 05"	14' 44"
30. ☾ 16 13			



# VELJAČA 1951.

Oh SVJETSKOG VREMENA									
Datum	SUNCE					Jednadžba vremena: pravo vrijeme minus srednje	Izlaz i zalaz Sunca u Zagrebu (SEV)		
	Zvezdano vrijeme		Izlaz		Zalaz				
	Rektascenzija	Deklinacija	Duljina	h m s	m s		h m	h m	
1	20 55 04.9	— 17 23 28	311 15.0	8 41 34.3	— 13 30.6	7 20	16 59		
2	20 59 10.0	17 06 33	312 19.0	8 45 30.8	13 39.2	7 19	17 01		
3	21 03 14.3	16 49 20	313 19.8	8 49 27.4	13 46.9	7 18	17 02		
4	21 07 17.7	16 31 48	315 20.7	8 53 24.0	13 53.8	7 17	17 04		
5	21 11 20.4	16 14 00	315 21.6	8 57 20.5	14 00.0	7 16	17 06		
6	21 15 22.2	— 15 55 55	316 22.4	9 01 17.1	— 14 05.2	7 14	17 07		
7	21 19 23.3	15 37 33	317 23.2	9 05 13.7	14 09.6	7 12	17 09		
8	21 23 23.5	15 18 55	318 24.1	9 09 10.2	14 13.3	7 11	17 10		
9	21 27 22.9	15 00 02	319 24.8	9 13 06.8	14 16.2	7 09	17 12		
10	21 31 21.5	14 40 53	320 25.5	9 17 03.3	14 18.2	7 08	17 13		
11	21 35 19.4	— 14 21 30	321 26.3	9 20 59.9	— 14 19.5	7 07	17 15		
12	21 39 16.4	14 01 52	322 27.0	9 24 56.4	14 20.0	7 05	17 16		
13	21 43 12.6	13 42 01	323 27.7	9 28 53.0	14 19.6	7 04	17 18		
14	21 47 08.1	13 21 56	324 28.3	9 32 49.5	14 18.6	7 02	17 19		
15	21 51 02.8	13 01 39	325 29.0	9 36 46.1	14 16.7	7 01	17 20		
16	21 54 56.7	— 12 41 09	326 29.6	9 40 42.6	— 14 14.1	6 59	17 22		
17	21 58 49.9	12 20 26	327 30.1	9 44 39.2	14 10.8	6 58	17 23		
18	22 02 42.4	11 59 32	328 30.7	9 48 35.8	14 06.7	6 56	17 25		
19	22 06 34.2	11 38 27	329 31.2	9 52 32.3	14 01.9	6 55	17 26		
20	22 10 25.3	11 17 10	330 31.6	9 56 28.9	13 56.4	6 53	17 28		
21	22 14 15.7	— 10 55 44	331 32.1	10 00 25.4	— 13 50.2	6 52	17 29		
22	22 18 05.4	10 34 07	332 32.5	10 04 22.0	13 43.4	6 50	17 31		
23	22 21 54.5	10 12 20	333 32.9	10 08 18.5	13 36.0	6 48	17 32		
24	22 25 43.0	9 50 24	334 33.3	10 12 15.1	13 27.9	6 46	17 34		
25	22 29 30.8	9 28 19	325 33.6	10 16 11.6	13 19.2	6 44	17 35		
26	22 33 18.1	— 9 06 05	336 33.9	10 20 08.2	— 13 09.9	6 42	17 37		
27	22 37 04.8	8 43 43	337 34.2	10 24 04.7	13 00.1	6 41	17 38		
28	22 40 51.0	8 21 13	338 34.5	10 28 01.3	12 49.7	6 39	17 39		

	Horizontalna paralaksa	Daljina od Zemlje	Polumjer	Precesija u duljini	Nutacija u duljini	Aberacija
Feb. 7.	8.93	0.98533	16 15.5	— 4.24	+ 3.93	20.77
11.	8.91	0.98695	16 13.9	5.62	4.08	20.73
21.	8.89	0.98891	16 12.0	7.20	4.08	20.69
28.	8.88	0.99053	16 10.4	7.96	3.99	20.66

# FEBRUAR 1951.

MJESEC										
Datum	U Zagrebu (SEV)		Kulminacija u Greenwichu	Promjena za 1h duljine	Starost 0h svj. vr.	PLANETI				
	Izlaz	Zalaz				Oh svjetskog vremena				Kulminacija u Greenwichu
	h m	h m				Rektascenzija	Dekli-nacija	Daljina od Zemlje	Polu-mjer	
1	2 59	11 19	7 19.5	2.52	24.2	MERKUR				
2	4 19	12 09	8 22.1	2.68	25.2	h m	o ' "	" "	h m	
3	5 29	13 13	9 27.2	2.71	26.2	1 19 18	— 22 17	1.14	2.9	10 37
4	6 25	14 31	10 31.4	2.61	27.2	11 20 18	— 20 59	1.26	2.7	10 58
5	7 04	15 55	11 32.0	2.42	28.2	21 21 22	— 17 33	1.34	2.5	11 22
6	7 35	17 18	12 27.5	2.20	29.2	VENERA				
7	7 58	18 38	13 18.0	2.02	0.7	1 22 11	— 12 50	1.58	5.3	13 30
8	8 16	19 54	14 04.7	1.88	1.7	11 22 58	— 8 08	1.55	5.4	13 38
9	8 33	21 07	14 48.9	1.81	2.7	21 23 44	— 3 04	1.51	5.6	13 44
10	8 50	22 17	15 31.8	1.78	3.7	MARS				
11	9 06	23 26	16 14.7	1.80	4.7	1 22 38	— 9 39	2.20	2.1	13 56
12	9 25	—	16 58.7	1.87	5.7	11 23 07	— 6 35	2.24	2.1	13 46
13	9.47	0 35	17 44.5	1.96	6.7	21 23 36	— 3 26	2.27	2.1	13 35
14	10 15	1 44	18 32.6	2.05	7.7	JUPITER				
15	10 49	2 50	19 22.8	2.13	8.7	1 22 52	— 8 20	5.80	15.8	14 09
16	11 34	3 50	20 14.6	2.17	9.7	11 23 01	— 7 27	5.87	15.6	13 39
17	12 28	4 43	21 06.8	2.17	10.7	21 23 09	— 6 32	5.92	15.5	13 07
18	13 32	5 26	21 58.2	2.11	11.7	SATURN				
19	14 41	6 00	22 48.0	2.03	12.7	1 12 11	+ 1.24	8.82	8.5	3 29
20	15 54	6 28	23 35.7	1.95	13.7	11 12 10	+ 1.36	8.71	8.6	2 52
21	17 07	6 50	—	—	14.7	21 12 08	+ 1.52	8.60	8.7	2 07
22	18 21	7 09	0 21.7	1.89	15.7	URAN				
23	19 34	7 26	1 06.7	1.86	16.7	1 6 27	+ 23 38	18.06	1.9	21 42
24	20 49	7 43	1 51.5	1.88	17.7	11 6 25	+ 23 39	18.17	1.9	21 01
25	22 06	8 00	2 37.4	1.96	18.7	21 6 24	+ 23 39	18.30	1.9	20 21
26	23 26	8 21	3 25.7	2.08	19.7	NEPTUN				
27	—	8 46	4 17.6	2.25	20.7	1 13 15	— 6 07	29.92	1.2	4 32
28	0 48	9 19	5 13.7	2.43	21.7	11 13 14	— 6 04	29.76	1.2	3 53
						21 13 14	— 6 00	29.62	1.2	3 13
						PLUTON (1950.0)				
						1 9 37	+ 23 28	35.08	—	0 55

M J E S E C			
Mijene Mjeseca (SEV)	Perigej i Apogej	Najmanja i najveća vrijednost	
		Horizontalna paralaksa	Polumjer
Feb. 6. ☾ 08h 54m			
13. ☽ 21 55	Feb. 3. 15h Perigej	60' 06"	16' 22"
21. ☽ 22 12			
28. ☾ 23 59	Feb. 15. 10h Apogej	54' 11"	14' 46"

# OŽUJAK 1951.

Datum	Oh SVJETSKOG VREMENA					Izlaz i zalaz Sunca u Zagrebu (SEV)	
	SUNCE			Zvijezdano 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 44 36.6	— 7 58 36	339 34.8	10 31 57.8	—12 38.8	6 37	17 41
2	22 48 21.8	7 35 51	340 35.0	10 35 54.4	12 27.4	6 35	17 42
3	22 52 06.4	7 13 00	341 35.2	10 39 51.0	12 15.5	6 34	17 44
4	22 55 50.6	6 50 02	342 35.3	10 43 47.5	12 03.1	6 32	17 45
5	22 59 34.3	6 26 59	343 35.5	10 47 44.1	11 50.2	6 30	17 46
6	23 03 17.6	— 6 03 50	344 35.6	10 51 40.6	—11 37.0	6 28	17 48
7	23 07 00.4	5 40 36	345 35.7	10 55 37.2	11 23.2	6 27	17 49
8	23 10 42.9	5 17 18	346 35.8	10 59 33.7	11 09.1	6 25	17 50
9	23 14 24.9	4 53 55	347 35.8	11 03 30.3	10 54.6	6 23	17 52
10	23 18 06.6	4 30 28	348 35.8	11 07 26.8	10 39.7	6 21	17 53
11	23 21 47.8	— 4 06 58	349 35.7	11 11 23.4	—10 24.5	6 19	17 55
12	23 25 28.8	3 43 25	350 35.7	11 15 19.9	10 08.8	6 17	17 56
13	23 29 09.4	3 19 50	351 35.6	11 19 16.5	9 52.9	6 14	17 58
14	23 32 49.7	2 56 12	352 35.4	11 23 13.0	9 36.7	6 13	17 59
15	23 36 29.8	2 32 33	353 35.2	11 27 09.6	9 20.2	6 11	18 01
16	23 40 09.5	— 2 08 52	354 35.0	11 31 06.2	— 9 03.3	6 09	18 02
17	23 43 49.0	1 45 10	355 34.8	11 35 02.7	8 46.3	6 07	18 03
18	23 47 28.3	1 21 27	356 34.5	11 38 59.3	8 29.0	6 05	18 04
19	23 51 07.3	0 57 44	357 34.1	11 42 55.8	8 11.5	6 03	18 06
20	23 54 46.2	0 34 01	358 33.8	11 46 52.4	7 53.8	6 01	18 07
21	23 58 24.9	— 0 10 19	359 33.4	11 50 48.9	— 7 36.0	6 00	18 08
22	0 02 03.5	+ 0 13 23	0 32.9	11 54 45.5	7 18.0	5 58	18 10
23	0 05 42.0	0 37 04	1 32.4	11 58 42.0	6 59.9	5 56	18 11
24	0 09 20.3	1 00 44	2 31.9	12 02 38.6	6 41.7	5 54	18 12
25	0 12 58.6	1 24 21	3 31.4	12 06 35.1	6 23.5	5 52	18 13
26	0 16 36.8	+ 1 47 57	4 30.8	12 10 31.7	— 6 05.2	5 50	18 15
27	0 20 15.1	2 11 30	5 30.2	12 14 28.2	5 46.8	5 48	18 16
28	0 23 53.3	2 35 01	6 29.6	12 18 24.8	5 28.5	5 46	18 18
29	0 27 31.6	2 58 30	7 28.9	12 22 21.4	5 10.2	5 44	18 19
30	0 31 09.8	3 21 53	8 28.2	12 26 17.9	4 51.9	5 42	18 21
31	0 34 48.2	+ 3 45 14	9 27.5	12 30 14.5	— 4 33.8	5 40	18 22

	Horizontalna paralaksa	Daljina od Zemlje	Polumjer	Precesija u duljini	Nutacija u duljini	Aberacija
Mart	8.88	0.99078	16 10.1	+ 8.10	+ 3.97	20.66
11.	8.86	0.99335	16 07.6	9.47	+ 3.76	20.61
21.	8.83	0.99604	16 05.0	10.85	+ 3.49	20.55
31.	8.81	0.99892	16 02.2	12.23	+ 3.21	20.49

# MART 1951.

Datum	MJESEC					PLANETI				
	U Zagrebu (SEV)		Kulminacija u Green- wichu	Promjena za 1 <sup>h</sup> duljine	Starost 0 <sup>h</sup> svj. vr.	Oh svjetskog vremena				Kulminacija u Green- wichu
	Izlaz	Zalaz				Rektas- cenzija	Dekli- nacija	Daljina od Zemlje	Polu- mjer	
	h m	h m	h m	m	d	h m	h m	"	h m	
MERKUR										
1	2 08	10 03	6 14.0	2.58	22.7					
2	3 20	11 01	7 17.0	2.64	23.7	1	22 15	— 13 11	1.37	2.4 11 44
3	4 18	12 12	8 19.8	2.58	24.7	11	23 23	— 5 47	1.36	2.5 12 13
4	5 02	13 32	9 20.0	2.43	25.7	21	0 33	+ 3 19	1.26	2.7 12 44
5	5 35	14 54	10 16.0	2.23	26.7					
6	6 00	16 14	11 07.4	2.06	27.7					
7	6 20	17 31	11 55.1	1.93	28.7	1	0 20	+ 1 06	1.48	5.7 13 48
8	6 37	18 45	12 40.1	1.84	0.1	11	1 05	+ 6 16	1.44	5.9 13 54
9	6 54	19 56	13 23.7	1.80	1.1	21	1 50	+ 11 12	1.38	6.1 13 59
10	7 10	21 07	14 07.0	1.81	2.1					
11	7 28	22 17	14 51.0	1.87	3.1	1	23 58	— 0 54	2.30	2.0 13 26
12	7 49	23 27	15 36.6	1.94	4.1	11	0 27	+ 2 16	2.33	2.0 13 15
13	8 14	—	16 24.2	2.03	5.1	21	0 55	+ 5 21	2.36	2.0 13 03
14	8 46	0 34	17 13.9	2.11	6.1					
15	9 26	1 38	18 0.51	2.15	7.1	1	23 16	— 5 47	5.95	15.4 12 43
16	10 16	2 34	18 57.0	2.16	8.1	11	23 25	— 4 51	5.96	15.4 12 12
17	11 15	3 21	19 48.4	2.12	9.1	21	23 34	— 3 54	5.96	15.4 11 42
18	12 22	3 58	20 38.4	2.05	10.1					
19	13 33	4 29	21 26.8	1.98	11.1	1	12 06	+ 2 06	8.55	8.7 1 34
20	14 46	4 53	22 13.4	1.92	12.1	11	12 03	+ 2 25	8.50	8.8 0 52
21	16 00	5 13	22 59.9	1.89	13.1	21	12 00	+ 2 45	8.49	8.8 0 09
22	17 15	5 31	23 44.4	1.90	14.1					
23	18 31	5 48	—	—	15.1	1	6 24	+ 23 40	18.42	1.9 19 49
24	19 49	6 06	0 30.8	1.97	16.1	11	6 24	+ 23 40	18.58	1.8 19 09
25	21 09	6 26	1 19.4	2.09	17.1	21	6 24	+ 23 40	18.74	1.8 18 30
26	22 33	6 50	2 11.3	2.25	18.1					
27	23 56	7 20	3 07.5	2.43	19.1	1	13 13	— 5 57	29.53	1.2 2 41
28	—	8 00	4 07.8	2.58	20.1	11	13 12	— 5 52	29.43	1.2 2 01
29	1 12	8 55	5 10.7	2.64	21.1	21	13 11	— 5 40	29.36	1.2 1 20
30	2 14	10 02	6 13.8	2.59	22.1					
31	3 02	11 20	7 14.3	2.44	23.1	1	9 34	+ 23 42	35 11	— 22 58

M J E S E C			
Mijene Mjeseca (SEV)	Perigej i Apogej	Najmanja i najveća vrijednost	
		Horizontalna paralaksa	Polumjer
Mar. 7. ☿ 21h 50m	Mar. 2. 07h Perigej	59' 18"	16' 09"
15. ♃ 18 40	Mar. 15. 06h Apogej	54' 14"	14' 47"
23. ♁ 11 50	Mar. 27. 09h Perigej	59' 38"	16' 15"
30. ♁ 06 35			

# TRAVANJ 1951.

Oh SVJETSKOG VREMENA																			
Datum	SUNCE						Izlaz i zalaz Sunca u Zagrebu (SEV)		Jednadžba vremena: pravo vrijeme minus srednje										
	Zvezdano vrijeme		Rektascenzija		Deklinacija						Duljina								
	h	m	s	°	'	"	°	'			h	m							
1	0	38	26.7	+	4	08	30	10	26.7	12	34	11.0	-	7	15.7	5	38	18	23
2	0	42	05.2		4	31	43	11	25.9	12	38	07.6		3	57.7	5	36	18	25
3	0	45	43.9		4	54	50	12	25.1	12	42	04.1		3	39.8	5	34	18	26
4	0	49	22.7		5	17	52	13	24.3	12	46	00.7		3	22.1	5	32	18	27
5	0	53	01.7	-	5	40	49	14	23.4	12	49	57.2		3	04.5	5	30	18	28
6	0	56	40.9	+	6	03	40	15	22.5	12	53	53.8	-	2	47.1	5	29	18	30
7	1	00	20.2		6	26	24	16	21.6	12	57	50.3		2	29.8	5	27	18	31
8	1	03	59.7		6	49	02	17	20.6	13	01	46.9		2	12.8	5	25	18	32
9	1	07	39.5		7	11	33	18	19.6	13	05	43.4		1	56.0	5	23	18	33
10	1	11	19.4		7	33	56	19	18.5	13	09	40.0		1	39.4	5	21	18	35
11	1	14	59.6	+	7	56	12	20	17.4	13	13	36.5	-	1	23.1	5	19	18	36
12	1	18	40.1		8	18	19	21	16.3	13	17	33.1		1	07.0	5	18	18	37
13	1	22	20.9		8	40	18	22	15.2	13	21	29.7		0	51.2	5	16	18	39
14	1	26	01.9		9	02	09	23	14.0	13	25	26.2		0	35.7	5	14	18	40
15	1	29	43.2		9	23	50	24	12.7	13	29	22.8		0	20.5	5	12	18	42
16	1	33	24.9	+	9	45	22	25	11.5	13	33	19.3	-	0	05.6	5	10	18	43
17	1	37	06.9		10	06	43	26	10.1	13	37	15.9	+	0	09.0	5	08	18	44
18	1	40	49.3		10	27	55	27	08.8	13	41	12.4		0	23.2	5	06	18	46
19	1	44	32.0		10	48	56	28	07.4	13	45	09.0		0	37.0	5	04	18	47
20	1	48	15.1		11	09	47	29	06.0	13	49	05.5		0	50.5	5	03	18	48
21	1	51	58.6	+	11	30	26	30	04.6	13	53	02.1	+	1	03.5	5	01	18	50
22	1	55	42.5		11	50	55	31	03.1	13	56	58.6		1	16.1	4	59	18	51
23	1	59	26.9		12	11	11	32	01.6	14	00	55.2		1	28.3	4	58	18	52
24	2	03	11.7		12	31	16	33	00.0	14	04	51.8		1	40.1	4	56	18	53
25	2	06	57.0		12	51	08	33	58.4	14	08	48.3		1	51.4	4	54	18	55
26	2	10	42.7	+	13	10	48	34	56.8	14	12	44.9	+	2	02.2	4	53	18	56
27	2	14	29.0		13	30	15	35	55.2	14	16	41.4		2	12.4	4	51	18	57
28	2	18	15.8		13	49	28	36	53.5	14	20	38.0		2	22.2	4	50	18	58
29	2	22	03.1		14	08	29	37	51.9	14	24	34.6		2	31.5	4	48	19	00
30	2	25	50.9		14	27	15	38	50.2	14	28	31.1		2	40.2	4	46	19	01

	Horizontalna paralaksa	Duljina od Zemlje	Polumjer	Precesija u duljini	Nutacija u duljini	Aberacija
Apr. 1.	8.81	0.99921	16 01.9	+ 12.36	+ 3.18	20.50
11.	8.78	1.00209	15 59.2	13.74	+ 2.96	20.43
21.	8.76	1.00485	15 56.5	15.12	+ 2.84	20.37
30.	8.74	1.00728	15 54.2	16.35	+ 2.83	20.32

# APRIL 1951.

MJESEC										PLANETI										
Datum	U Zagrebu (SEV)		Kulminacija u Greenwicu	Promjena za 1h duljine	Starost 0h svj. vr.	Oh svjetskog vremena														
	Izlaz	Zalaz				Rektascenzija	Deklinacija	Duljina od Zemlje	Polumjer	Kulminacija u Greenwicu										
<b>MERKUR</b>																				
1	3	37	12	39	8	10.5	2.25	24.1												
2	4	04	13	58	9	02.2	2.07	25.1												
3	4	25	15	15	9	49.9	1.92	26.1	1	1	43	+12	41	1.01				3.3	13	09
4	4	43	16	28	10	34.8	1.83	27.1	11	2	18	+17	02	0.76				4.4	13	03
5	4	59	17	39	11	18.1	1.79	28.1	21	2	15	+15	54	0.60				5.6	12	18
<b>VENERA</b>																				
6	5	16	18	49	12	01.0	1.80	29.1												
7	5	33	20	00	12	44.5	1.84	0.5	1	2	41	+16	08	1.32				6.4	14	07
8	5	52	21	10	13	29.5	1.92	1.5	11	3	29	+19	56	1.27				6.6	14	16
9	6	16	22	19	14	16.6	2.00	2.5	21	4	18	+22	54	1.20				7.0	14	26
10	6	45	23	25	15	05.7	2.08	3.5												
<b>MARS</b>																				
11	7	21	—	—	15	56.5	2.14	4.5	1	1	25	+8	37	2.40				2.0	12	51
12	8	07	0	25	16	48.0	2.15	5.5	11	1	54	+11	25	2.42				1.9	12	40
13	9	03	1	15	17	39.3	2.11	6.5	21	2	22	+14	01	2.45				1.9	12	28
14	10	06	1	55	18	29.3	2.05	7.5												
15	11	15	2	29	19	17.6	1.97	8.5	1	23	44	-2	52	5.92				15.5	11	08
16	12	25	2	54	20	04.0	1.91	9.5	11	23	53	-1	56	5.87				15.6	10	38
17	13	38	3	15	20	49.3	1.87	10.5	21	00	01	-1	02	5.80				15.8	10	07
<b>SATURN</b>																				
18	14	50	3	33	21	34.2	1.88	11.5												
19	16	05	3	57	22	19.9	1.94	12.5	1	11	57	+3	05	8.51				8.8	23	19
20	17	22	4	08	23	07.8	2.06	13.5	11	11	54	+3	22	8.56				8.7	22	37
21	18	43	4	27	23	59.9	2.23	14.5	21	11	52	+3	37	8.64				8.6	21	55
22	20	08	4	50	—	—	—	15.5												
<b>URAN</b>																				
23	21	35	5	19	0	54.9	2.43	16.5	1	6	24	+23	39	18.92				1.8	17	47
24	22	56	5	56	1	55.5	2.62	17.5	11	6	25	+23	39	19.09				1.8	17	09
25	—	—	6	47	2	59.9	2.72	18.5	21	6	26	+23	38	19.25				1.8	16	31
<b>NEPTUN</b>																				
26	0	07	7	52	4	05.2	2.69	19.5												
27	1	01	9	09	5	08.2	2.53	20.5	1	13	10	-5	39	29.31				1.2	0	36
28	1	39	10	29	6	06.6	2.33	21.5	11	13	09	-5	33	29.30				1.2	23	52
29	2	09	11	48	6	59.7	2.11	22.5	21	13	08	-5	26	29.32				1.2	23	11
30	2	31	13	05	7	48.2	1.94	23.5												
<b>PLUTON (1950.0)</b>																				
									1	9	32	+23	51	35.40				—	20	54

M J E S E C			
Mijene Mjeseca (SEV)	Perigej i Apogej	Najmanja i najveća vrijednost	
		Horizontalna paralaksa	Polumjer
Apr. 6. ☉ 11h 52m			
14. ☽ 13 55	Apr. 12. 01h Apogej	54' 09"	14' 45"
21. ☽ 22 30			
28. ☾ 13 17	Apr. 23. 23h Perigej	60' 30"	16' 29"

# SVIBANJ 1951.

Datum	Oh SVJETSKOG VREMENA						Izlaz i zalaz Sunca u Zagrebu (SEV)	
	SUNCE			Zvijezdano 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	2 29 39.3	+ 14 45 47	39 48.4	14 32 27.7	+ 2 48.4	4 44	19 03	
2	2 33 28.2	15 04 05	40 46.7	14 36 24.2	2 56.0	4 43	19 04	
3	2 37 17.7	15 22 08	41 44.9	14 40 20.8	3 03.1	4 41	19 06	
4	2 41 07.7	15 39 55	42 43.1	14 44 17.3	3 09.6	4 39	19 07	
5	2 44 58.3	15 57 27	43 41.3	14 48 13.9	3 15.6	4 38	19 08	
6	2 48 49.4	+ 16 14 43	44 39.4	14 52 10.4	+ 3 21.0	4 37	19 09	
7	2 52 41.1	16 31 43	45 37.5	14 56 07.0	3 25.9	4 35	19 11	
8	2 56 33.4	16 48 26	46 35.6	15 00 03.5	3 30.2	4 34	19 12	
9	3 00 26.2	17 04 53	47 33.7	15 04 00.1	3 33.9	4 33	19 13	
10	3 04 19.6	17 21 02	48 31.7	15 07 56.7	3 37.1	4 31	19 14	
11	3 08 13.5	+ 17 36 54	49 29.7	15 11 53.2	+ 3 39.7	4 30	19 15	
12	3 12 08.0	17 52 28	50 27.6	15 15 49.8	3 41.7	4 29	19 16	
13	3 16 03.1	18 07 44	51 25.6	15 19 46.3	3 43.2	4 27	19 18	
14	3 19 58.8	18 22 42	52 23.5	15 23 42.9	3 44.1	4 26	19 19	
15	3 23 54.9	18 37 21	53 21.4	15 27 39.4	3 44.5	4 25	19 20	
16	3 27 51.7	+ 18 51 41	54 19.2	15 31 36.0	+ 3 44.3	4 24	19 21	
17	3 31 48.9	19 05 42	55 17.0	15 35 32.6	3 43.6	4 23	19 22	
18	3 35 46.8	19 19 24	56 14.8	15 39 29.1	3 42.4	4 21	19 24	
19	3 39 45.1	19 32 46	57 12.6	15 43 25.7	3 40.5	4 20	19 25	
20	3 43 44.0	19 45 48	58 10.3	15 47 22.2	3 38.2	4 19	19 26	
21	3 47 43.5	+ 19 58 30	59 08.0	15 51 18.8	+ 3 35.3	4 18	19 28	
22	3 51 43.5	20 10 51	60 05.7	15 55 15.3	3 31.8	4 17	19 29	
23	3 55 44.0	20 22 52	61 03.4	15 59 11.9	3 27.9	4 16	19 30	
24	3 59 45.1	20 34 32	62 01.0	16 03 08.5	3 23.4	4 15	19 31	
25	4 03 46.7	20 45 51	62 58.6	16 07 05.0	3 18.3	4 14	19 32	
26	4 07 48.8	+ 20 56 48	63 56.3	16 11 01.6	+ 3 12.8	4 13	19 33	
27	4 11 51.5	21 07 24	64 53.9	16 14 58.2	3 06.7	4 12	19 34	
28	4 15 54.6	21 17 38	65 51.4	16 18 54.7	3 00.1	4 12	19 35	
29	4 19 58.2	21 27 30	66 49.0	16 22 51.3	2 53.0	4 11	19 36	
30	4 24 02.4	21 37 00	67 46.6	16 26 47.8	2 45.4	4 10	19 36	
31	4 28 07.0	+ 21 46 08	68 44.1	16 30 44.4	+ 2 37.4	4 10	19 37	

		Horizontalna paralaksa	Daljina od Zemlje	Polumjer	Precesija u duljini	Nutacija u duljini	Aberacija
		"	"	"	"	"	"
Maj	1.	8.74	1'00755	15 54.0	+ 16.49	+ 2.83	20.32
	11.	8.72	1'00998	15 51.7	17.87	+ 2.97	20.27
	21.	8.70	1'01206	15 49.7	19.25	+ 3.24	20.23
	31.	8.68	1'01390	15 48.0	20.62	+ 3.63	20.19

# MAJ 1951.

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	Dekli-nacija	Daljina od Zemlje	Polu-mjer		
	h m	h m	h m	m	d	h m	"	"	h m		
1	2 49	14 17	8 33.3	1.83	24.5						
2	3 06	15 28	9 16.3	1.77	25.5	1	1 54	+ 11 17	0.57	5.9	11 19
3	3 22	16 37	9 58.6	1.77	26.5	11	1 50	+ 8 30	0.65	5.1	10 37
4	3 39	17 46	10 41.2	1.80	27.5	21	2 12	+ 9 38	0.79	4.2	10 20
5	3 57	18 56	11 25.2	1.88	28.5						
6	4 19	20 05	12 11.3	1.96	29.5	1	5 09	+ 24 51	1.14	7.4	14 37
7	4 46	21 12	12 59.5	2.06	0.9	11	6 00	+ 25 42	1.06	7.9	14 48
8	5 19	22 14	13 49.8	2.12	1.9	21	6 50	+ 25 25	1.00	8.5	14 59
9	6 02	23 09	14 41.2	2.15	2.9						
10	6 55	23 53	15 32.5	2.12	3.9						
11	7 54	—	16 22.7	2.05	4.9	1	2 51	+ 16 23	2.47	1.9	12 18
12	9 00	0 28	17 10.9	1.97	5.9	11	3 20	+ 18 28	2.49	1.9	12.07
13	10 09	0 56	17 57.1	1.89	6.9	21	3 49	+ 20 16	2.51	1.9	11.57
14	11 19	1 18	18 41.7	1.84	7.9						
15	12 30	1 37	19 25.4	1.82	8.9	1	0 09	— 0 11	5.72	16.1	9.36
16	13 42	1 54	20 09.5	1.87	9.9	11	0 17	+ 0 38	5.62	16.4	9.04
17	14 56	2 11	20 55.2	1.96	10.9	21	0 24	+ 1 23	5.50	16.7	8.32
18	16 14	2 29	21 44.1	2.13	11.9						
19	17 36	2 50	22 37.5	2.34	12.9	1	11 50	+ 3 48	8.74	8.5	21.14
20	19 03	3 15	23 36.5	2.58	13.9	11	11 49	+ 3 55	8.87	8.4	20.33
21	20 30	3 48	—	—	14.9	21	11 48	+ 3 59	9.01	8.3	19.53
22	21 48	4 33	0 40.9	2.76	15.9						
23	22 51	5 34	1 48.2	2.81	16.9	1	6 28	+ 23 37	19.40	1.8	15.53
24	23 37	6 49	2 54.9	2.70	17.9	11	6 30	+ 23 35	19.53	1.8	15.15
25	—	8 11	3 57.4	2.49	18.9	21	6 32	+ 23 34	19.64	1.8	14.38
26	0 11	9 35	4 54.1	2.24	19.9						
27	0 36	10 54	5 45.3	2.03	20.9	1	13 07	— 5 21	29.36	1.2	22.31
28	0 55	12 05	6 32.0	1.88	21.9	11	13 07	— 5 15	29.44	1.2	21.51
29	1 13	13 20	7 15.7	1.79	22.9	21	13 06	— 5 11	29.54	1.2	21.11
30	1 29	14 29	7 58.1	1.75	23.9						
31	1 45	15 38	8 40.3	1.78	24.9	1	9 31	+ 23 50	35.84	—	18.55

M J E S E C			
Mijene Mjeseca (SEV)	Perigej i Apogej	Najmanja i najveća vrijednost	
		Horizontalna paralaksa	Polumjer
Maj 6. ☾ 02h 35m	Maj 9. 17h Apogej Maj 22. 04h Perigej	'54' 02"	14' 44"
14. ☽ 06 32			
21. ☽ 06 45		61' 11"	16' 40"
27. ☾ 21 17			

# LIPANJ 1951.

Datum	Oh SVJETSKOG VREMENA						Izlaz i zalaz Sunca u Zagrebu (SEV)									
	SUNCE			Zvezdano vrijeme	Jednadžba vremena pravo vrijeme minus srednje	Izlaz	Zalaz	Kulminacija u Greenwichu	Promjena za 1 <sup>h</sup> duljine	Starost 0 <sup>h</sup> svj. vr.	Oh svjetskog vremena				Kulminacija u Greenwichu	
	Rektascenzija	Deklinacija	Duljina								Rektascenzija	Deklinacija	Duljina	Polumjer		Kulminacija u Greenwichu
	h m s	° ' "	° ' "	h m s	° ' "	° ' "	h m				h m	h m	h m	h m		h m
1	4 32 12 <sup>0</sup>	+ 21 54 53	69 41 <sup>6</sup>	16 34 40 <sup>9</sup>	+ 2 28 <sup>9</sup>	4 09	19 38									
2	4 36 17 <sup>4</sup>	22 03 15	70 39 <sup>1</sup>	16 38 37 <sup>5</sup>	2 20 <sup>0</sup>	4 08	19 39									
3	4 40 23 <sup>3</sup>	22 11 14	71 36 <sup>6</sup>	16 42 34 <sup>0</sup>	2 10 <sup>7</sup>	4 08	19 40									
4	4 44 30 <sup>0</sup>	22 18 49	72 34 <sup>1</sup>	16 46 30 <sup>6</sup>	2 01 <sup>0</sup>	4 08	19 41									
5	4 48 36 <sup>2</sup>	22 26 02	73 31 <sup>6</sup>	16 50 27 <sup>2</sup>	1 51 <sup>0</sup>	4 07	19 42									
6	4 52 43 <sup>2</sup>	+ 22 32 50	74 29 <sup>0</sup>	16 54 23 <sup>7</sup>	+ 1 40 <sup>5</sup>	4 07	19 42									
7	4 56 50 <sup>5</sup>	22 39 15	75 26 <sup>5</sup>	16 58 20 <sup>3</sup>	1 29 <sup>8</sup>	4 06	19 43									
8	5 00 58 <sup>1</sup>	22 45 16	76 23 <sup>9</sup>	17 02 16 <sup>8</sup>	1 18 <sup>7</sup>	4 06	19 44									
9	5 05 06 <sup>0</sup>	22 50 53	77 21 <sup>3</sup>	17 06 13 <sup>4</sup>	1 07 <sup>4</sup>	4 06	19 44									
10	5 09 14 <sup>1</sup>	22 56 06	78 18 <sup>7</sup>	17 10 10 <sup>2</sup>	0 55 <sup>8</sup>	4 05	19 45									
11	5 13 22 <sup>5</sup>	+ 23 00 55	79 16 <sup>0</sup>	17 14 06 <sup>5</sup>	+ 0 44 <sup>0</sup>	4 05	19 46									
12	5 17 31 <sup>1</sup>	23 05 19	80 13 <sup>4</sup>	17 18 03 <sup>1</sup>	0 32 <sup>0</sup>	4 05	19 46									
13	5 21 39 <sup>8</sup>	23 09 19	81 10 <sup>7</sup>	17 21 59 <sup>6</sup>	0 19 <sup>8</sup>	4 04	19 47									
14	5 25 48 <sup>8</sup>	23 12 55	82 08 <sup>0</sup>	17 25 56 <sup>2</sup>	+ 0 07 <sup>4</sup>	4 04	19 48									
15	5 29 57 <sup>8</sup>	23 16 06	83 05 <sup>3</sup>	17 29 52 <sup>7</sup>	- 0 05 <sup>1</sup>	4 04	19 48									
16	5 34 07 <sup>0</sup>	+ 23 18 52	84 02 <sup>6</sup>	17 33 49 <sup>3</sup>	- 0 17 <sup>7</sup>	4 04	19 49									
17	5 38 16 <sup>3</sup>	23 21 14	84 59 <sup>9</sup>	17 37 45 <sup>8</sup>	0 30 <sup>5</sup>	4 04	19 49									
18	5 42 25 <sup>7</sup>	23 23 11	85 57 <sup>2</sup>	17 41 42 <sup>4</sup>	0 43 <sup>3</sup>	4 04	19 50									
19	5 46 35 <sup>1</sup>	23 24 43	86 54 <sup>4</sup>	17 45 39 <sup>0</sup>	0 56 <sup>2</sup>	4 04	19 50									
20	5 50 44 <sup>6</sup>	23 25 51	87 51 <sup>6</sup>	17 49 35 <sup>5</sup>	1 09 <sup>1</sup>	4 04	19 50									
21	5 54 54 <sup>1</sup>	+ 23 26 34	88 48 <sup>9</sup>	17 53 32 <sup>1</sup>	- 1 22 <sup>0</sup>	4 04	19 50									
22	5 59 03 <sup>6</sup>	23 26 52	89 46 <sup>1</sup>	17 57 28 <sup>7</sup>	1 35 <sup>0</sup>	4 04	19 51									
23	6 03 13 <sup>1</sup>	23 26 45	90 43 <sup>3</sup>	18 01 25 <sup>2</sup>	1 47 <sup>9</sup>	4 05	19 51									
24	6 07 22 <sup>6</sup>	23 26 14	91 40 <sup>5</sup>	18 05 21 <sup>8</sup>	2 00 <sup>8</sup>	4 05	19 51									
25	6 11 32 <sup>0</sup>	23 25 17	92 37 <sup>8</sup>	18 09 18 <sup>3</sup>	2 13 <sup>7</sup>	4 05	19 51									
26	6 15 41 <sup>3</sup>	+ 23 23 56	93 35 <sup>0</sup>	18 13 14 <sup>9</sup>	- 2 26 <sup>4</sup>	4 06	19 51									
27	6 19 50 <sup>6</sup>	23 22 11	94 32 <sup>2</sup>	18 17 11 <sup>4</sup>	2 39 <sup>1</sup>	4 06	19 51									
28	6 23 59 <sup>7</sup>	23 20 00	95 29 <sup>4</sup>	18 21 08 <sup>0</sup>	2 51 <sup>7</sup>	4 06	19 51									
29	6 28 08 <sup>7</sup>	23 17 26	96 26 <sup>6</sup>	18 25 04 <sup>6</sup>	3 04 <sup>1</sup>	4 07	19 51									
30	6 32 17 <sup>5</sup>	23 14 26	97 23 <sup>8</sup>	18 29 01 <sup>1</sup>	3 16 <sup>4</sup>	4 07	19 51									

	Horizontalna paralaksa	Daljina od Zemlje	Polumjer	Precesija u duljini	Nutacija u duljini	Aberacija
Juni 1 <sup>h</sup>	8 <sup>68</sup>	1 <sup>01406</sup>	15 47 <sup>9</sup>	+ 20 <sup>76</sup>	+ 3 <sup>67</sup>	20 <sup>19</sup>
17 <sup>h</sup>	8 <sup>66</sup>	1 <sup>01538</sup>	15 46 <sup>6</sup>	22 <sup>14</sup>	+ 4 <sup>16</sup>	20 <sup>16</sup>
21 <sup>h</sup>	8 <sup>66</sup>	1 <sup>01624</sup>	15 45 <sup>8</sup>	23 <sup>51</sup>	+ 4 <sup>69</sup>	20 <sup>14</sup>
30 <sup>h</sup>	8 <sup>65</sup>	1 <sup>01670</sup>	15 45 <sup>4</sup>	24 <sup>75</sup>	+ 5 <sup>17</sup>	20 <sup>13</sup>

# JUNI 1951.

Datum	MJESEC					PLANETI				
	U Zagrebu (SEV)		Kulminacija u Greenwichu	Promjena za 1 <sup>h</sup> duljine	Starost 0 <sup>h</sup> 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	h m
MERKUR										
1	2 04	16 47	9 23.5	1 <sup>83</sup>	25 <sup>9</sup>					
2	2 24	17 55	10 08.5	1 <sup>93</sup>	26 <sup>9</sup>					
3	2 69	19 03	10 55.8	2 <sup>02</sup>	27 <sup>9</sup>					
4	3 21	20 06	11 45.3	2 <sup>10</sup>	28 <sup>9</sup>					
5	3 59	21 03	12 36.4	2 <sup>14</sup>	0 <sup>3</sup>					
6	4 49	21 50	13 27.8	2 <sup>13</sup>	1 <sup>3</sup>					
7	5 46	22 27	14 18.4	2 <sup>07</sup>	2 <sup>3</sup>					
8	6 51	22 58	15 07.0	1 <sup>98</sup>	3 <sup>3</sup>					
9	7 59	23 22	15 53.4	1 <sup>89</sup>	4 <sup>3</sup>					
10	9 07	23 41	16 37.8	1 <sup>82</sup>	5 <sup>3</sup>					
11	10 16	23 58	17 20.7	1 <sup>78</sup>	6 <sup>3</sup>					
12	11 25	—	18 03.3	1 <sup>79</sup>	7 <sup>3</sup>					
13	12 36	0 15	18 46.8	1 <sup>85</sup>	8 <sup>3</sup>					
14	13 50	0 32	19 32.6	1 <sup>98</sup>	9 <sup>3</sup>					
15	15 08	0 50	20 22.3	2 <sup>18</sup>	10 <sup>3</sup>					
16	16 31	1 12	21 17.3	2 <sup>42</sup>	11 <sup>3</sup>					
17	17 57	1 41	22 18 <sup>4</sup>	2 <sup>67</sup>	12 <sup>3</sup>					
18	19 20	2 19	23 24 <sup>7</sup>	2 <sup>83</sup>	13 <sup>3</sup>					
19	20 32	3 13	—	—	14 <sup>3</sup>					
20	21 27	4 23	0 33 <sup>2</sup>	2 <sup>83</sup>	15 <sup>3</sup>					
21	22 07	5 45	1 39 <sup>7</sup>	2 <sup>68</sup>	16 <sup>3</sup>					
22	22 37	7 11	2 41 <sup>1</sup>	2 <sup>43</sup>	17 <sup>3</sup>					
23	22 59	8 34	3 36 <sup>4</sup>	2 <sup>19</sup>	18 <sup>3</sup>					
24	23 18	9 54	4 26 <sup>4</sup>	2 <sup>00</sup>	19 <sup>3</sup>					
25	23 35	11 09	5 12 <sup>5</sup>	1 <sup>86</sup>	20 <sup>3</sup>					
26	23 51	12 20	5 56 <sup>2</sup>	1 <sup>80</sup>	21 <sup>3</sup>					
27	—	13 29	6 39 <sup>0</sup>	1 <sup>78</sup>	22 <sup>3</sup>					
28	0 09	14 38	7 22 <sup>1</sup>	1 <sup>82</sup>	23 <sup>8</sup>					
29	0 29	15 47	8 06 <sup>6</sup>	1 <sup>92</sup>	24 <sup>3</sup>					
30	0 52	16 55	8 53 <sup>1</sup>	1 <sup>98</sup>	25 <sup>3</sup>					
VENERA										
1	7 43	+ 23 53	0 <sup>90</sup>	9 <sup>3</sup>	15 08					
11	8 28	+ 21 30	0 <sup>82</sup>	10 <sup>2</sup>	15 14					
21	9 09	+ 18 23	0 <sup>74</sup>	11 <sup>3</sup>	15 15					
MARS										
1	4 22	+ 21 51	2 <sup>52</sup>	1 <sup>7</sup>	11 47					
11	4 52	+ 22 56	2 <sup>53</sup>	1 <sup>8</sup>	11 37					
21	5 21	+ 23 40	2 <sup>54</sup>	1 <sup>8</sup>	11 27					
JUPITER										
1	0 32	+ 2 08	5 <sup>36</sup>	17 <sup>2</sup>	7 56					
11	0 38	+ 2 44	5 <sup>22</sup>	17 <sup>6</sup>	7 23					
21	0 43	+ 3 15	5 <sup>07</sup>	18 <sup>1</sup>	6 48					
SATURN										
1	11 47	+ 3 58	9 <sup>18</sup>	8 <sup>1</sup>	19 <sup>10</sup>					
11	11 48	+ 3 53	9 <sup>34</sup>	8 <sup>0</sup>	18 <sup>31</sup>					
21	11 49	+ 3 44	9 <sup>51</sup>	7 <sup>8</sup>	17 <sup>53</sup>					
URAN										
1	6 34	+ 23 32	19 <sup>74</sup>	1 <sup>7</sup>	13 57					
11	6 37	+ 23 30	19 <sup>81</sup>	1 <sup>7</sup>	13 20					
21	6 39	+ 23 28	19 <sup>85</sup>	1 <sup>7</sup>	12 44					
NEPTUN										
1	13 05	— 5 07	29 <sup>68</sup>	1 <sup>2</sup>	20 27					
11	13 05	— 5 05	29 <sup>82</sup>	1 <sup>2</sup>	19 47					
21	13 04	— 5 04	29 <sup>97</sup>	1 <sup>2</sup>	19 08					
PLUTON (1950 <sup>0</sup> )										
1	9 32	+ 23 41	36 <sup>33</sup>	—	16 54					

## M J E S E C

Mijene Mjeseca (SEV)	Perigej i Apogej	Najmanja i najveća vrijednost	
		Horizontalna paralaksa	Polumjer
Juni 4. ☉ 17 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>			
12. ☽ 19. 52	Juni 6. 01 <sup>h</sup> Apogej	53' 55"	14' 42"
19. ☽ 13 36			
26. ☾ 07 21	Juni 19. 14 <sup>h</sup> Perigej	61' 26"	16' 44"

# SRPANJ 1951.

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	6 36 26 <sup>1</sup>	+ 23 11 02	98 21 <sup>1</sup>	18 32 57 <sup>7</sup>	- 3 28 <sup>4</sup>	4 08	19 51
2	6 40 34 <sup>5</sup>	23 07 14	99 18 <sup>3</sup>	18 36 54 <sup>2</sup>	3 40 <sup>2</sup>	4 09	19 50
3	6 44 42 <sup>6</sup>	23 03 01	100 15 <sup>5</sup>	18 40 50 <sup>8</sup>	3 51 <sup>8</sup>	4 09	19 50
4	6 48 50 <sup>5</sup>	22 58 24	101 12 <sup>7</sup>	18 44 47 <sup>4</sup>	4 03 <sup>1</sup>	4 10	19 50
5	6 52 58 <sup>0</sup>	22 53 23	102 09 <sup>9</sup>	18 48 43 <sup>5</sup>	4 14 <sup>1</sup>	4 11	19 50
6	6 57 05 <sup>3</sup>	+ 22 47 58	103 07 <sup>1</sup>	18 52 44 <sup>5</sup>	- 4 24 <sup>8</sup>	4 11	19 49
7	7 01 12 <sup>2</sup>	22 42 09	104 04 <sup>4</sup>	18 56 37 <sup>0</sup>	4 35 <sup>2</sup>	4 12	19 49
8	7 05 18 <sup>8</sup>	22 35 57	105 01 <sup>6</sup>	19 00 33 <sup>6</sup>	4 45 <sup>2</sup>	4 13	19 48
9	7 09 24 <sup>9</sup>	22 29 21	105 58 <sup>8</sup>	19 04 30 <sup>2</sup>	4 54 <sup>8</sup>	4 13	19 48
10	7 13 30 <sup>6</sup>	22 22 22	106 56 <sup>0</sup>	19 08 26 <sup>7</sup>	5 04 <sup>0</sup>	4 14	19 48
11	7 17 36 <sup>0</sup>	+ 22 14 59	107 53 <sup>2</sup>	19 12 23 <sup>2</sup>	- 5 12 <sup>7</sup>	4 15	19 47
12	7 21 40 <sup>8</sup>	22 07 14	108 50 <sup>4</sup>	19 16 19 <sup>8</sup>	5 21 <sup>0</sup>	4 16	19 46
13	7 25 45 <sup>2</sup>	21 59 06	109 47 <sup>6</sup>	19 20 16 <sup>4</sup>	5 28 <sup>9</sup>	4 16	19 46
14	7 29 49 <sup>2</sup>	21 50 35	110 44 <sup>8</sup>	19 24 12 <sup>9</sup>	5 36 <sup>2</sup>	4 17	19 45
15	7 33 52 <sup>6</sup>	21 41 42	111 42 <sup>1</sup>	19 28 09 <sup>5</sup>	5 43 <sup>1</sup>	4 18	19 45
16	7 37 55 <sup>5</sup>	+ 21 32 28	112 39 <sup>3</sup>	19 32 06 <sup>0</sup>	- 5 49 <sup>5</sup>	4 19	19 44
17	7 41 58 <sup>0</sup>	21 22 50	113 36 <sup>5</sup>	19 36 02 <sup>6</sup>	5 55 <sup>3</sup>	4 20	19 43
18	7 45 59 <sup>8</sup>	21 12 52	114 33 <sup>7</sup>	19 39 59 <sup>2</sup>	6 00 <sup>7</sup>	4 21	19 42
19	7 50 01 <sup>2</sup>	21 02 32	115 30 <sup>9</sup>	19 43 55 <sup>7</sup>	6 05 <sup>5</sup>	4 22	19 42
20	7 54 02 <sup>0</sup>	20 51 50	116 28 <sup>1</sup>	19 47 52 <sup>3</sup>	6 09 <sup>8</sup>	4 23	19 41
21	7 58 02 <sup>3</sup>	+ 20 40 48	117 25 <sup>4</sup>	19 51 48 <sup>9</sup>	- 6 13 <sup>5</sup>	4 24	19 40
22	8 02 02 <sup>1</sup>	20 29 24	118 22 <sup>6</sup>	19 55 45 <sup>4</sup>	6 16 <sup>7</sup>	4 25	19 39
23	8 06 01 <sup>2</sup>	20 17 40	119 19 <sup>9</sup>	19 59 42 <sup>0</sup>	6 19 <sup>3</sup>	4 26	19 38
24	8 09 59 <sup>9</sup>	20 05 35	120 17 <sup>2</sup>	20 03 38 <sup>5</sup>	6 21 <sup>4</sup>	4 27	19 37
25	8 13 58 <sup>0</sup>	19 53 10	121 14 <sup>5</sup>	20 07 35 <sup>1</sup>	6 22 <sup>9</sup>	4 28	19 36
26	8 17 55 <sup>5</sup>	+ 19 40 26	122 11 <sup>8</sup>	20 11 31 <sup>6</sup>	- 6 23 <sup>9</sup>	4 29	19 35
27	8 21 52 <sup>4</sup>	19 27 21	123 09 <sup>1</sup>	20 15 28 <sup>2</sup>	6 24 <sup>2</sup>	4 30	19 33
28	8 25 48 <sup>8</sup>	19 13 57	124 06 <sup>4</sup>	20 19 24 <sup>7</sup>	6 24 <sup>0</sup>	4 32	19 32
29	8 29 44 <sup>6</sup>	19 00 14	125 03 <sup>8</sup>	20 23 21 <sup>3</sup>	6 23 <sup>3</sup>	4 33	19 31
30	8 33 39 <sup>8</sup>	18 46 12	126 01 <sup>2</sup>	20 27 17 <sup>9</sup>	6 21 <sup>9</sup>	4 35	19 29
31	8 37 34 <sup>4</sup>	+ 18 31 52	126 58 <sup>6</sup>	20 31 14 <sup>4</sup>	- 6 19 <sup>9</sup>	4 36	19 28

	Horizontalna paralaksa	Daljina od Zemlje	Polumjer	Precesija u duljini	Nutacija u duljini	Aberacija
	"	"	"	"	"	"
Juli 7.	8 <sup>65</sup>	1 <sup>01672</sup>	15 45 <sup>4</sup>	+ 24 <sup>89</sup>	+ 5 <sup>22</sup>	20 <sup>13</sup>
11.	8 <sup>66</sup>	1 <sup>01666</sup>	15 45 <sup>4</sup>	26 <sup>26</sup>	+ 5 <sup>72</sup>	20 <sup>14</sup>
21.	8 <sup>66</sup>	1 <sup>01610</sup>	15 46 <sup>0</sup>	27 <sup>64</sup>	+ 6 <sup>14</sup>	20 <sup>15</sup>
31.	8 <sup>67</sup>	1 <sup>01517</sup>	15 46 <sup>8</sup>	29 <sup>02</sup>	+ 6 <sup>45</sup>	20 <sup>17</sup>

# JULI 1951.

Datum	MJESEC					PLANETI				
	U Zagrebu (SEV)		Kulminacija u Greenwichu	Promjena za 1 <sup>h</sup> duljine	Starost Oh svj. vr.	Oh svjetskog vremena				
	Izlaz	Zalaz				Rektascenzija	Dekli-nacija	Daljina od Zemlje	Polu-mjer	Kulminacija u Green-wichu
h m	h m	h m	m	d	h m	° ' "	"	"	h m	
MERKUR										
1	1 22	18 00	9 41 <sup>8</sup>	2 <sup>07</sup>	26 <sup>3</sup>					
2	1 58	18 58	10 32 <sup>4</sup>	2 <sup>13</sup>	27 <sup>3</sup>					
3	2 45	19 49	10 23 <sup>9</sup>	2 <sup>14</sup>	28 <sup>3</sup>	11	7 05	+ 24 18	1 <sup>31</sup>	2 <sup>5</sup> 12 35
4	3 41	20 28	12 14 <sup>9</sup>	2 <sup>10</sup>	29 <sup>3</sup>	11	8 29	+ 20 51	1 <sup>22</sup>	2 <sup>7</sup> 13 19
5	4 43	21 01	13 04 <sup>3</sup>	2 <sup>02</sup>	0 <sup>7</sup>	21	9 34	+ 15 19	1 <sup>08</sup>	3 <sup>1</sup> 13 44
VENERA										
6	5 51	21 26	13 51 <sup>5</sup>	1 <sup>92</sup>	1 <sup>7</sup>	1	9 46	+ 14 44	0 <sup>66</sup>	12 <sup>7</sup> 15 12
7	6 59	21 47	14 36 <sup>4</sup>	1 <sup>83</sup>	2 <sup>7</sup>	11	10 17	+ 10 49	0 <sup>58</sup>	14 <sup>5</sup> 15 04
8	8 08	22 05	15 19 <sup>4</sup>	1 <sup>77</sup>	3 <sup>7</sup>	21	10 43	+ 6 53	0 <sup>50</sup>	16 <sup>7</sup> 14 50
9	9 16	22 21	16 01 <sup>4</sup>	1 <sup>75</sup>	4 <sup>7</sup>					
10	10 25	22 37	16 43 <sup>6</sup>	1 <sup>78</sup>	5 <sup>7</sup>					
MARS										
11	11 36	22 54	17 27 <sup>2</sup>	1 <sup>87</sup>	6 <sup>7</sup>	1	5 51	+ 24 02	2 <sup>54</sup>	1 <sup>8</sup> 11 18
12	12 50	23 14	18 13 <sup>7</sup>	2 <sup>02</sup>	7 <sup>7</sup>	11	6 21	+ 24 03	2 <sup>54</sup>	1 <sup>8</sup> 11 08
13	14 08	23 38	19 04 <sup>5</sup>	2 <sup>23</sup>	8 <sup>7</sup>	21	6 50	+ 23 44	2 <sup>52</sup>	1 <sup>8</sup> 10 58
JUPITER										
14	15 30	—	20 01 <sup>0</sup>	2 <sup>48</sup>	9 <sup>7</sup>					
15	16 53	0 10	21 03 <sup>2</sup>	2 <sup>70</sup>	10 <sup>7</sup>	1	0 47	+ 3 41	4 <sup>92</sup>	18 <sup>7</sup> 6 14
16	18 10	0 55	22 09 <sup>8</sup>	2 <sup>81</sup>	11 <sup>7</sup>	11	0 51	+ 3 59	4 <sup>76</sup>	19 <sup>3</sup> 5 38
17	19 12	1 56	23 17 <sup>2</sup>	2 <sup>77</sup>	12 <sup>7</sup>	21	0 53	+ 4 11	4 <sup>67</sup>	19 <sup>9</sup> 5 00
SATURN										
18	20 00	3 13	—	—	13 <sup>7</sup>					
19	20 34	4 38	0 21 <sup>7</sup>	2 <sup>59</sup>	14 <sup>7</sup>	1	11 51	+ 3 31	9 <sup>67</sup>	7 <sup>7</sup> 17 15
20	21 00	6 06	1 21 <sup>0</sup>	2 <sup>35</sup>	15 <sup>7</sup>	11	11 53	+ 3 15	9 <sup>83</sup>	7 <sup>6</sup> 16 38
21	21 21	7 29	2 14 <sup>8</sup>	2 <sup>14</sup>	16 <sup>7</sup>	21	11 55	+ 2 55	9 <sup>98</sup>	7 <sup>5</sup> 16 01
URAN										
22	21 39	8 48	3 04 <sup>0</sup>	1 <sup>98</sup>	17 <sup>7</sup>					
23	21 56	10 03	3 50 <sup>0</sup>	1 <sup>88</sup>	18 <sup>7</sup>	1	6 42	+ 23 25	19 <sup>87</sup>	1 <sup>7</sup> 12 <sup>07</sup>
24	22 13	11 15	4 34 <sup>3</sup>	1 <sup>83</sup>	19 <sup>7</sup>	11	6 45	+ 23 23	19 <sup>86</sup>	1 <sup>7</sup> 11 <sup>30</sup>
25	22 32	12 26	5 18 <sup>2</sup>	1 <sup>85</sup>	20 <sup>7</sup>	21	6 47	+ 23 20	19 <sup>82</sup>	1 <sup>7</sup> 10 <sup>54</sup>
NEPTUN										
26	22 55	13 37	6 03 <sup>0</sup>	1 <sup>89</sup>	21 <sup>7</sup>					
27	23 22	14 46	6 49 <sup>3</sup>	1 <sup>97</sup>	22 <sup>7</sup>	1	13 04	- 5 04	30 <sup>13</sup>	1 <sup>2</sup> 18 28
28	23 56	15 52	7 37 <sup>6</sup>	2 <sup>05</sup>	23 <sup>7</sup>	11	13 04	- 5 05	30 <sup>30</sup>	1 <sup>2</sup> 17 49
29	—	16 53	8 27 <sup>8</sup>	2 <sup>12</sup>	25 <sup>7</sup>	21	13 05	- 5 08	30 <sup>47</sup>	1 <sup>2</sup> 17 10
PLUTON (1950 <sup>0</sup> )										
30	0 40	17 46	9 19 <sup>1</sup>	2 <sup>15</sup>	25 <sup>7</sup>					
31	1 33	18 29	10 10 <sup>5</sup>	2 <sup>12</sup>	26 <sup>7</sup>	1	9 34	+ 23 26	35 <sup>71</sup>	— 14 59

M J E S E C			
Mijene Mjeseca (SEV)	Perigej i Apogej	Najmanja i najveća vrijednost	
		Horizontalna paralaksa	Polumjer
Juli 4. ☉ 08h 48m	Juli 3. 04h Apogej	53' 56"	14' 42"
12. ☽ 05 56	Juli 17. 23h Perigej	61' 13"	16' 41"
18. ☿ 20 17	Juli 30. 12h Apogej	54' 01"	14' 43"
25. ♁ 19 59			

# KOLOVOZ 1951.

Datum	Oh SVJETSKOG VREMENA						Izlaz i zalaz Sunca u Zagrebu (SEV)						
	SUNCE			Zvezdano vrijeme	Jednadžba vremena: pravo vrijeme minus srednje	Izlaz	Zalaz	Oh svjetskog vremena					
	Rektascenzija	Deklinacija	Duljina					Rektascenzija	Deklinacija	Daljina od Zemlje	Polumjer	Kulminacija u Greenwichu	
h m s	° ' "	° ' "	h m s	m s	m	h m	h m	h m	° ' "	h m	h m	h m	
1	8 41 28.3	+ 18 17 13	127 56.0	20 35 21.0	- 6 17.4	4 37	19 27						
2	8 45 11.7	18 02 16	128 53.4	20 39 07.5	6 14.2	4 38	19 26						
3	8 49 14.5	17 47 02	129 50.8	20 43 04.1	6 10.4	4 39	19 25						
4	8 53 06.7	17 31 30	130 48.3	20 47 00.6	6 06.1	4 40	19 23						
5	8 56 58.3	17 15 41	131 45.7	20 50 57.2	6 01.1	4 41	19 22						
6	9 00 49.3	+ 16 59 35	132 43.2	20 54 53.8	- 5 55.5	4 43	19 20						
7	9 04 39.6	16 43 12	133 40.7	20 58 50.3	5 49.3	4 44	19 19						
8	9 08 29.4	16 26 34	134 38.2	21 02 46.8	5 42.5	4 45	19 18						
9	9 12 18.5	16 09 40	135 35.7	21 06 43.4	5 35.1	4 46	19 16						
10	9 16 07.0	15 52 30	136 33.3	21 10 40.0	5 27.1	4 47	19 15						
11	9 19 55.0	+ 15 35 05	137 30.8	21 14 36.5	- 5 18.5	4 48	19 13						
12	9 23 42.3	15 17 26	138 28.4	21 18 33.1	5 09.2	4 50	19 12						
13	9 27 29.1	14 59 31	139 25.9	21 22 29.6	4 59.5	4 51	19 10						
14	9 31 15.3	14 41 23	140 23.5	21 26 26.2	4 49.1	4 53	19 08						
15	9 35 00.9	14 23 00	141 21.1	21 30 22.8	4 38.2	4 54	19 06						
16	9 38 46.0	+ 14 04 24	142 18.8	21 34 19.3	- 4 26.7	4 55	19 04						
17	9 42 30.5	13 45 35	143 16.4	21 38 15.9	4 14.7	4 56	19 03						
18	9 46 14.5	13 26 32	144 14.1	21 42 12.4	4 02.1	4 58	19 01						
19	9 49 58.0	13 07 17	145 11.8	21 46 09.0	3 49.1	4 59	19 00						
20	9 53 41.1	12 47 49	146 09.5	21 50 05.5	3 35.5	5 00	18 58						
21	9 57 23.6	+ 12 28 09	147 07.2	21 54 02.1	- 3 21.5	5 01	18 56						
22	10 01 05.7	12 08 17	148 05.0	21 57 58.6	3 07.0	5 02	18 55						
23	10 04 47.3	11 48 13	149 02.8	22 01 55.2	2 52.1	5 04	18 53						
24	10 08 28.5	11 27 58	150 00.6	22 05 51.7	2 36.8	5 05	18 51						
25	10 12 09.3	11 07 32	150 58.4	22 09 48.3	2 21.0	6 06	18 50						
26	10 15 49.7	+ 10 46 55	151 56.3	22 13 44.9	- 2 04.8	5 07	18 48						
27	10 19 29.6	10 26 08	152 54.2	22 17 41.4	1 48.2	5 08	18 46						
28	10 23 09.2	10 05 11	153 52.2	22 21 38.0	1 31.3	5 10	18 44						
29	10 26 48.5	9 44 04	154 50.1	22 25 34.5	1 14.0	5 11	18 43						
30	10 30 27.4	9 22 48	155 48.1	22 29 31.1	0 56.3	5 12	18 41						
31	10 34 05.9	+ 9 01 23	156 46.2	22 33 27.6	- 0 38.2	5 14	18 38						

	Horizontalna paralaksa	Daljina od Zemlje	Polumjer	Precesija u duljini	Nutacija u duljini	Aberacija
Aug. 1.	8.67	1'01505	15 46.9	+ 29.15	+ 6.47	20.11
11.	8.68	1'01355	15 48.3	30.53	+ 6.64	20.20
21.	8.70	1'01168	15 50.1	31.91	+ 6.66	20.24
31.	8.72	1'00953	15 52.4	33.28	+ 6.57	20.28

# AUGUST 1951.

Datum	MJESEC					PLANETI				
	U Zagrebu (SEV)		Kulminacija u Greenwichu	Promjena za 1 h duljine	Stariost 0h svj. vr.	Oh svjetskog vremena				
	Izlaz	Zalaz				Rektascenzija	Deklinacija	Daljina od Zemlje	Polumjer	Kulminacija u Greenwichu
h m	h m	h m	m	d	h m	° ' "	h m	h m	h m	
1	2 34	19 03	11 00.6	2.05	27.7					
2	3 41	19 31	11 48.8	1.96	28.7					
3	4 50	19 53	12 34.7	1.87	0.1	1 10 26	+ 8 48	0.92	3.6	13 51
4	5 59	20 12	13 18.6	1.80	1.1	11 10 54	+ 3 56	0.78	4.3	13 38
5	7 08	20 28	14 01.1	1.75	2.1	21 10 56	+ 2 00	0.66	5.1	13 00
6	8 17	20 44	14 43.2	1.76	3.1					
7	9 27	21 01	15 26.0	1.82	4.1	1 11 03	+ 2 54	0.42	19.8	14 26
8	10 39	21 19	16 10.9	1.93	5.1	11 11 09	+ 0 04	0.36	23.3	13 52
9	11 55	21 41	16 59.1	2.10	6.1	21 11 02	- 1 23	0.31	26.8	13 05
10	13 13	22 10	17 51.9	2.31	7.1					
11	14 33	22 47	18 50.0	2.53	8.1	1 7 21	+ 23 00	2.51	1.9	10.46
12	15 51	23 39	19 52.8	2.69	9.1	11 7 49	+ 22 02	2.49	1.9	10.34
13	16 58	—	20 58.1	2.72	10.1	21 8 17	+ 20 47	2.46	1.9	10.22
14	17 51	0 46	22 02.7	2.63	11.1					
15	18 30	2 07	23 03.6	2.44	12.1	1 0 54	+ 4 15	4.45	20.6	4.18
16	19 00	3 33	23 59.8	2.24	13.1	11 0 54	+ 4 11	4.32	21.3	3.39
17	19 23	4 59	—	—	14.1	21 0 53	+ 4 00	4.20	21.9	2.59
18	19 42	6 21	0 51.4	2.08	15.1					
19	20 00	7 40	1 39.6	1.95	16.1	1 11 59	+ 2 31	10.13	7.4	15.21
20	20 17	8 55	2 25.6	1.89	17.1	11 12 02	+ 2 07	10.25	7.3	14.46
21	20 36	10 08	3 10.7	1.88	18.1	21 12 06	+ 1 40	10.36	7.2	14.10
22	20 57	11 20	3 56.2	1.92	19.1					
23	21 23	12 31	4 42.8	1.98	20.1	1 6 50	+ 23 17	19.75	1.7	10.13
24	21 55	13 40	5 31.2	2.05	21.1	11 6 52	+ 23 14	19.66	1.7	9.36
25	22 34	14 44	6 21.2	2.12	22.1	21 6 54	+ 23 12	19.55	1.8	8.59
26	23 25	15 41	7 12.5	2.15	23.1					
27	—	16 27	8 04.1	2.14	24.1	1 13 05	- 5 12	30.65	1.2	16.28
28	0 22	17 04	8 54.8	2.08	25.1	11 13 06	- 5 17	30.80	1.2	15.49
29	1 28	17 34	9 43.8	2.00	26.1	21 13 07	- 5 23	30.94	1.2	15.10
30	2 36	17 58	10 30.7	1.91	27.1					
31	3 46	18 18	11 15.5	1.84	28.1	1 9 38	+ 23 08	36.90	—	12.53

MJESEC			Najmanja i najveća vrijednost	
Mijene Mjeseca (SEV)	Perigej i Apogej	Horizontalna paralaksa	Polumjer	
Aug. 2. ☉ 23h 39m				
10. ☽ 13 22	Aug. 15. 04h Perigej	60' 34"	16' 30"	
17. ☿ 03 59	Aug. 27. 03h Apogej	54' 10"	14' 45"	
24. ♁ 11 20				

# RUJAN 1951.

Datum	Oh SVJETSKOG VREMENA						Izlaz zalaz Sunca u Zagrebu (SEV)						
	SUNCE			Zvezdano vrijeme	Jednadžba vremena: pravo vrijeme minus srednje	Izlaz	Zalaz	Oh svjetskog vremena					
	Rektascenzija	Deklinacija	Duljina					Rektascenzija	Deklinacija	Daljina od Zemlje	Polumjer	Kulminacija u Greenwichu	
h m s	° ' "	° ' "	h m s	m s	h m	h m	h m	h m	° ' "	h m	h m	h m	h m
1	10 37 44.1	+ 8 39 49	157 44.2	22 37 24.2	- 0 19.9	5 15	18 36						
2	10 41 22.0	8 18 06	158 42.3	22 41 20.7	- 0 01.2	5 16	18 34						
3	10 44 59.6	7 56 16	159 40.4	22 45 17.3	+ 0 17.0	5 18	18 33						
4	10 48 37.0	7 34 18	160 38.6	22 49 13.8	0 37.0	5 19	18 31						
5	10 52 14.9	7 12 13	161 36.7	22 53 10.4	0 55.5	5 20	18 29						
6	10 55 50.7	+ 6 50 00	162 34.9	22 57 06.9	+ 1 16.3	5 21	18 27						
7	10 59 27.2	6 27 42	163 33.1	23 01 03.5	1 36.3	5 23	18 25						
8	11 03 03.5	6 05 17	164 31.4	23 05 00.1	1 56.5	5 24	18 23						
9	11 06 39.6	5 42 46	165 29.6	23 08 56.6	2 17.0	5 25	18 21						
10	11 10 15.5	5 20 09	166 27.9	23 12 53.2	2 37.6	5 26	18 19						
11	11 13 51.3	+ 4 57 27	167 26.2	23 16 49.7	+ 2 58.5	5 27	18 18						
12	11 17 26.8	4 34 40	168 24.6	23 20 46.3	3 19.4	5 29	18 16						
13	11 21 02.3	4 11 49	169 22.9	23 24 42.9	3 40.5	5 30	18 14						
14	11 24 37.6	3 48 53	170 21.3	23 28 39.4	4 01.7	5 31	18 12						
15	11 28 12.9	3 25 54	171 19.7	23 32 36.0	4 23.0	5 32	18 10						
16	11 31 48.1	+ 3 02 50	172 18.2	23 36 32.5	+ 4 44.4	5 33	18 08						
17	11 35 23.3	2 39 43	173 16.7	23 40 29.1	5 05.8	5 35	18 06						
18	11 38 58.4	2 16 33	174 15.2	23 44 25.6	5 27.2	5 36	18 04						
19	11 42 33.6	1 53 20	175 13.7	23 48 22.2	5 48.6	5 38	18 01						
20	11 46 08.8	1 30 04	176 12.3	23 52 18.7	6 09.9	5 39	18 00						
21	11 59 44.0	+ 1 06 47	177 11.0	23 56 15.3	+ 6 31.2	5 40	17 58						
22	11 53 19.4	0 43 27	178 09.6	0 00 11.8	6 52.4	5 42	17 56						
23	11 56 54.8	+ 0 20 06	179 08.3	0 04 08.4	7 13.6	5 43	17 54						
24	12 00 30.3	- 0 03 16	180 07.1	0 08 04.9	7 34.6	5 44	17 52						
25	12 04 06.0	0 26 40	181 05.8	0 12 01.5	7 55.5	5 45	17 50						
26	12 07 41.9	- 0 50 03	182 04.6	0 15 58.0	+ 8 16.2	5 46	17 48						
27	12 11 18.0	1 13 27	183 03.5	0 19 54.6	8 36.7	5 48	17 46						
28	12 14 54.1	1 36 51	184 02.4	0 23 51.2	8 57.0	5 49	17 44						
29	12 18 30.6	2 06 14	185 01.3	0 27 47.7	9 17.2	5 50	17 42						
30	12 22 07.2	2 23 36	186 00.2	0 31 44.3	9 37.0	5 51	17 40						

Datum	Mijene Mjeseca (SEV)	Perigej i Apogej	Najmanja i najveća vrijednost	
			Horizontalna paralaksa	Polumjer
Sep. 1.	13h 49m	Sep. 11. 20h Perigej	59' 40"	16' 16"
11.	19 16			
21.	13 38	Sept. 23. 21h Apogej	54' 14"	14' 47"
30.	05 13			

# SEPTEMBAR 1951.

Datum	MJESEC					PLANETI					
	U Zagrebu (SEV)		Kulminacija u Greenwichu	Promjena za 1h duljine	Starost 0h 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	h m	h m	
1	4 56	18 35	11 58.9	1.79	29.1						
2	6 06	18 51	12 41.7	1.78	0.5						
3	7 17	19 07	13 24.8	1.82	1.5	1 10 27	+ 5 30	0.63	5.3	11 46	
4	8 29	19 25	14 09.4	1.91	2.5	11 10 14	+ 9 58	0.79	4.2	10 56	
5	9 45	19 46	14 56.8	2.05	3.5	21 10 50	+ 8 56	1.06	3.1	10 54	
6	11 03	20 12	15 48.1	2.23	4.5						
7	12 22	20 46	16 44.0	2.42	5.5	1 10 40	- 0 46	0.29	29.3	12 00	
8	13 40	21 32	17 44.2	2.58	6.5	11 10 19	+ 1 29	0.29	28.8	10 50	
9	14 38	22 33	18 47.1	2.64	7.5	21 10 07	+ 3 59	0.32	26.0	10 09	
10	15 46	24 47	19 50.2	2.59	8.5						
11	16 28	—	20 50.8	2.45	9.5	1 8 46	+ 19 09	2.42	1.9	10 08	
12	17 00	1 09	21 47.3	2.27	10.5	11 9 11	+ 17 26	2.38	2.0	9 54	
13	17 24	2 33	22 39.7	2.11	11.5	21 9 36	+ 15 34	2.34	2.0	9 40	
14	17 45	3 55	23 28.7	1.99	12.5						
15	18 03	5 14	—	—	13.5	1 0 50	+ 3 40	4.06	22.5	2 12	
16	18 20	6 30	0 15.4	1.92	14.5	11 0 46	+ 3 15	4.02	22.9	1 29	
17	18 39	7 45	1 01.1	1.90	15.5	21 0 42	+ 2 46	3.97	23.2	0 46	
18	18 59	9 00	1 47.0	1.93	16.5						
19	19 23	10 12	2 33.8	1.98	17.5	1 12 11	+ 1 10	10.44	7.1	13 32	
20	19 53	11 24	3 22.3	2.06	18.5	11 12 15	+ 0 41	10.50	7.1	12 56	
21	20 29	12 31	4 12.4	2.12	19.5	21 12 20	+ 0 12	10.53	7.1	12 22	
22	21 16	13 30	5 03.9	2.16	20.5						
23	22 11	14 22	5 55.7	2.15	21.5	1 6 56	+ 23 09	19.40	1.8	8 18	
24	23 13	15 02	6 46.8	2.10	22.5	11 6 58	+ 23 07	19.26	1.8	7 40	
25	—	15 36	7 36.4	2.02	23.5	21 -6 59	+ 23 06	19.10	1.8	7 02	
26	0 21	16 01	8 23.9	1.94	24.5						
27	1 30	16 22	9 09.4	1.86	25.5	1 13 08	- 5 30	31.07	1.2	14 28	
28	2 40	16 40	9 53.4	1.81	26.5	11 13 09	- 5 38	31.16	1.2	13 50	
29	3 50	16 57	10 36.6	1.80	27.5	21 13 11	- 5 46	31.23	1.2	13 12	
30	5 01	17 14	11 20.0	1.83	28.5						

Datum	Mijene Mjeseca (SEV)	Perigej i Apogej	Najmanja i najveća vrijednost	
			Horizontalna paralaksa	Polumjer
Sep. 1.	13h 49m	Sep. 11. 20h Perigej	59' 40"	16' 16"
11.	19 16			
21.	13 38	Sept. 23. 21h Apogej	54' 14"	14' 47"
30.	05 13			



# LISTOPAD 1951.

Oh SVJETSKOG VREMENA								
Datum	SUNCE				Zvezdano vrijeme	Jednadžba vremena: plus minus srednje	Izlaz i zalaz Sunca u Zagrebu (SEV)	
	Rektascenzija	Deklinacija	Duljina	Izlaz			Zalaz	
	h m s	° ' "	° ' "					
1	12 25 44.1	— 2 46 57	186 59.2	0 35 40.8	+ 9 56.7	5 52	17 39	
2	12 29 21.3	3 10 16	187 58.3	0 39 37.3	10 16.0	5 54	17 37	
3	12 32 58.8	3 33 33	188 57.3	0 43 33.9	10 35.1	5 55	17 34	
4	12 36 36.6	3 56 48	189 56.4	0 47 30.4	10 53.9	5 57	17 32	
5	12 40 14.7	4 20 00	190 55.5	0 51 27.0	11 12.3	5 58	17 30	
6	12 43 53.1	— 4 43 08	191 54.7	0 55 23.6	+11 30.5	6 00	17 28	
7	12 47 31.9	5 06 13	192 53.9	0 59 20.1	11 48.2	6 01	17 27	
8	12 51 11.0	5 29 14	193 53.1	1 03 16.7	12 05.6	6 02	17 25	
9	12 54 50.6	5 52 10	194 52.3	1 07 13.2	12 22.6	6 03	17 23	
10	12 58 30.5	6 15 02	195 51.6	1 11 09.8	12 39.2	6 05	17 21	
11	13 02 10.9	— 6 37 49	196 50.9	1 15 06.4	+12 55.4	6 06	17 19	
12	13 05 51.8	7 00 31	197 50.2	1 19 02.9	13 11.1	6 07	17 17	
13	13 09 33.1	7 23 06	198 49.5	1 22 59.5	13 26.4	6 09	17 16	
14	13 13 14.9	7 45 36	199 48.9	1 26 56.0	13 41.2	6 10	17 14	
15	13 16 57.2	8 07 59	200 48.4	1 30 52.6	13 55.4	6 11	17 12	
16	13 20 40.0	— 8 30 15	201 47.8	1 34 49.1	+14 09.1	6 13	17 10	
17	13 24 23.5	8 52 24	202 47.3	1 38 45.7	14 22.2	6 14	17 09	
18	13 28 07.5	9 14 26	203 46.8	1 42 42.2	14 36.8	6 15	17 07	
19	13 31 52.1	9 36 20	204 46.4	1 46 38.8	14 46.7	6 16	17 05	
20	13 35 37.3	9 58 06	205 46.0	1 50 35.3	14 58.0	6 18	17 03	
21	13 39 23.2	— 10 19 42	206 45.6	1 54 31.9	+15 08.7	6 20	17 01	
22	13 43 09.7	10 41 10	207 45.3	1 58 28.4	15 18.8	6 21	16 59	
23	13 46 56.9	11 02 29	208 45.0	2 02 25.0	15 28.1	6 23	16 58	
24	13 50 44.8	11 23 38	209 44.8	2 06 21.6	15 36.8	6 24	16 56	
25	13 54 33.4	11 44 36	210 44.5	2 10 18.1	15 44.7	6 26	16 54	
26	13 58 22.7	— 12 05 24	211 44.4	2 14 14.7	+15 52.0	6 27	16 53	
27	14 02 12.7	12 26 01	212 44.2	2 18 11.2	15 58.5	6 28	16 51	
28	14 06 03.5	12 46 27	213 44.1	2 22 07.8	16 04.2	6 30	16 50	
29	14 09 55.1	13 06 40	214 44.1	2 26 04.3	16 09.2	6 31	16 48	
30	14 13 47.4	13 26 41	215 44.0	2 30 00.9	16 13.5	6 32	16 47	
31	14 17 40.5	— 13 46 30	216 44.0	2 33 57.4	+16 17.0	6 34	16 45	

	Horizontalna paralaksa	Duljina od Zemlje	Polumjer	Precesija u duljini	Nutacija u duljini	Aberacija
Okt. 1.	8.79	1.00125	16 00.0	+ 37.55	+ 5.78	20.44
11.	8.81	0.99833	16 02.8	38.93	+ 5.53	20.50
21.	8.84	0.99550	16 05.5	40.30	+ 5.36	20.56
31.	8.86	0.99283	16 08.1	41.68	+ 5.31	20.62

# OKTOBAR 1951.

M J E S E C								PLANETI				
Datum	U Zagrebu (SEV)		Kulminacija u Greenwicu	Promjena za 1h duljine	Starost 0h svj. vr.	Oh svjetskog vremena				Kulminacija u Greenwicu		
	Izlaz	Zalaz				Rektascenzija	Deklinacija	Duljina od Zemlje	Polumjer			
	h m	h m				h m	m	d	h m		° ' "	h m
<b>MERKUR</b>												
1	6 14	17 31	12 04.8	1.91	29.5							
2	7 29	17 51	12 52.2	2.05	0.9							
3	8 46	18 16	13 44.3	2.22	1.9	11 11 52	+ 2 51	1.28	2.6	11 18		
4	10 09	18 48	14 38.7	2.40	2.9	11 12 57	— 4 45	1.40	2.4	11 43		
5	11 29	19 30	15 38.4	2.55	3.9	21 13 59	— 11 55	1.43	2.3	12 05		
<b>VENERA</b>												
6	12 41	20 27	16 40.9	2.63	4.9							
7	13 41	21 36	17 43.7	2.58	5.9	7 10 11	+ 5 37	0.37	22.5	9 35		
8	14 27	22 54	18 44.1	2.44	6.9	11 10 28	+ 6 00	0.44	19.2	9 13		
9	15 01	—	19 40.6	2.27	7.9	21 10 54	+ 5 10	0.55	16.6	8 59		
<b>MARS</b>												
10	15 28	0 16	20 32.9	2.10	8.9							
11	15 49	1 37	21 21.7	1.98	9.9	7 10 01	+ 13 33	2.29	2.0	9.24		
12	16 08	2 56	22 08.1	1.90	10.9	11 10 24	+ 11 25	2.23	2.1	9.09		
13	16 25	4 11	22 53.3	1.88	11.9	21 10 47	+ 9 13	2.16	2.2	8.52		
<b>JUPITER</b>												
14	16 43	5 25	23 38.6	1.90	12.9							
15	17 02	6 38	—	—	13.9	1 0 37	+ 2 14	3.95	23.3	23 57		
16	17 24	7 51	0 24.9	1.96	14.9	11 0 32	+ 1 43	3.96	23.2	23 13		
17	17 52	9 04	1 12.9	2.04	15.9	21 0 28	+ 1 14	4.00	23.0	22 29		
<b>SATURN</b>												
18	18 25	10 14	2 02.8	2.12	16.9							
19	19 08	11 18	2 54.3	2.16	17.9	1 12 24	— 0 17	10.54	7.1	11 47		
20	20 01	12 13	3 46.4	2.17	18.9	11 12 29	— 0 46	10.53	7.1	11 12		
21	21 00	12 58	4 38.1	2.13	19.9	21 12 33	— 1 14	10.49	7.1	10 37		
<b>URAN</b>												
22	22 05	13 33	5 28.2	2.05	20.9							
23	23 13	14 02	6 16.2	1.95	21.9	1 7 00	+ 23 05	18.93	1.8	6 24		
24	—	14 25	7 02.0	1.86	22.9	11 7 01	+ 23 04	18.76	1.8	5 45		
25	0 21	14 44	7 45.9	1.81	23.9	21 7 01	+ 23 04	18.59	1.8	5 06		
<b>NEPTUN</b>												
26	1 30	15 01	8 28.9	1.78	24.9							
27	2 40	15 17	9 11.8	1.80	25.9	1 13 12	— 5 54	31.28	1.2	12 34		
28	3 52	15 35	9 55.9	1.88	26.9	11 13 13	— 6 02	31.30	1.2	11 56		
29	5 07	15 54	10 42.5	2.01	27.9	21 13 15	— 6 11	31.29	1.2	11 18		
<b>PLUTON (1950.0)</b>												
30	6 25	16 17	11 32.8	2.19	28.9							
31	7 47	16 47	12 27.8	2.40	0.4	1 9 45	+ 22 42	36.56	—	9 08		

M J E S E C			
Mijene Mjeseca (SEV)	Perigej i Apogej	Najmanja i najveća vrijednost	
Okt. 1. ☾ 02h 57m	Okt. 7. 07h Perigej	Horizontalna paralaksa	Polumjer
8. ☽ 01 00	Okt. 21. 17h Apogej	59' 17"	16' 09"
15. ☽ 01 51			
23. ☾ 00 55			
30. ☽ 14 54			

# STUDENI 1951.

Datum	Oh SVJETSKOG VREMENA					Izlaz i zalaz Sunca u Zagrebu (SEV)	
	SUNCE			Zvezdano vrijeme	Jednadžba vremena: pravo vrijeme minus u srednje	Izlaz	Zalaz
	Rektascenzija	Deklinacija	Daljina				
h m s	° ' "	° ' "	h m s	m s	h m	h m	
1	14 21 34.4	-14 06 05	217 44.0	2 37 54.0	+16 19.6	6 35	16 44
2	14 25 29.0	14 25 27	218 44.1	2 41 50.5	16 21.6	6 36	16 42
3	14 29 24.5	14 44 35	219 44.2	2 45 47.1	16 22.7	6 38	16 41
4	14 33 20.7	15 03 28	220 44.3	2 49 43.7	16 23.0	6 39	16 40
5	14 37 17.7	15 22 07	221 44.4	2 53 40.2	16 22.5	6 40	16 38
6	14 41 15.5	-15 40 30	222 44.6	2 57 36.8	+16 21.3	6 42	16 36
7	14 45 14.2	15 58 38	223 44.8	3 01 33.3	16 19.2	6 44	16 35
8	14 49 13.6	16 16 29	224 45.0	3 05 29.9	16 16.3	6 46	16 33
9	14 53 13.9	16 34 04	225 45.2	3 09 26.4	16 12.6	6 47	16 32
10	14 57 15.0	16 51 22	226 45.5	3 13 23.0	16 08.0	6 48	16 31
11	15 01 16.9	-17 08 23	227 45.8	3 17 19.6	+16 02.6	6 50	16 30
12	15 05 19.7	17 25 06	228 46.1	3 21 16.1	15 56.4	6 51	16 29
13	15 09 23.3	17 41 32	229 46.5	3 25 12.7	15 49.4	6 52	16 27
14	15 13 27.7	17 57 39	230 46.8	3 29 09.2	15 41.5	6 54	16 26
15	15 17 33.0	18 13 27	231 47.2	3 33 05.8	15 32.7	6 55	16 25
16	15 21 39.2	-18 28 56	232 47.6	3 37 02.3	+15 23.1	6 57	16 24
17	15 25 46.2	18 44 06	233 48.1	3 40 59.0	15 12.7	6 58	16 23
18	15 29 54.1	18 58 56	234 48.6	3 44 55.5	15 01.4	6 59	16 22
19	15 34 02.8	19 13 26	235 49.1	3 48 52.0	14 49.2	7 01	16 21
20	15 38 12.3	19 27 35	236 49.6	3 52 48.6	14 36.2	7 02	16 21
21	15 42 22.7	-19 41 23	237 50.2	3 56 45.1	+14 22.4	7 03	16 20
22	15 46 33.9	19 54 50	238 50.8	4 00 41.7	14 07.7	7 05	16 19
23	15 50 46.0	20 07 55	239 51.4	4 04 38.2	13 52.3	7 06	16 18
24	15 54 58.8	20 20 38	240 52.1	4 08 34.8	13 36.0	7 07	16 17
25	15 59 12.5	20 32 58	241 52.8	4 12 31.3	13 18.9	7 09	16 16
26	16 03 26.9	-20 44 56	242 53.5	4 16 27.9	+13 01.0	7 10	16 16
27	16 07 42.2	20 56 30	243 54.2	4 20 24.4	12 42.3	7 12	16 15
28	16 11 58.1	21 07 41	244 55.0	4 24 21.0	12 22.9	7 13	16 14
29	16 16 14.8	21 18 28	245 55.8	4 28 17.6	12 02.8	7 14	16 13
30	16 20 32.2	21 28 50	246 56.6	4 32 14.1	11 42.0	7 16	16 13

	Horizontalna paralaksa	Daljina od Zemlje	Polumjer	Precesija u duljini	Nutacija u duljini	Aberacija
Nov. 1.	8.86	0.99257	16 08.4	+ 41.82	+ 5.32	20.62
11.	8.88	0.99004	16 10.8	43.19	+ 5.43	20.67
21.	8.91	0.98788	16 13.0	44.57	+ 5.71	20.72
30.	8.82	0.98627	16 14.6	45.81	+ 6.08	20.76

# NOVEMBAR 1951.

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	h m	° ' "	° ' "	"	h m	
1	9 50	17 26	13 27.8	2.59	1.4					
2	10 29	18 19	14 31.4	2.69	2.4	1 15 06	-18 31	1.40	2.4	12 29
3	11 34	19 26	15 36.0	2.66	3.4	11 16 07	-22 55	1.31	2.6	12 51
4	12 26	20 44	16 38.5	2.52	4.4	21 17 07	-25 24	1.16	2.9	13 11
5	13 03	22 05	17 38.7	2.32	5.4					
6	13 32	23 25	18 30.0	2.13	6.4					
7	13 55	—	19 19.1	1.98	7.4	1 11 30	+ 3 04	0.59	14.3	8 52
8	14 13	0 44	20 05.3	1.88	8.4	11 12 06	+ 0 19	0.66	12.7	8 48
9	14 31	1 59	20 49.8	1.84	9.4	21 12 44	-3 00	0.74	11.4	8 48
10	14 48	3 12	21 34.1	1.86	10.4					
11	15 06	4 24	22 19.2	1.91	11.4	1 11 12	+ 6 44	2.08	2.2	8 34
12	15 27	5 36	23 05.9	1.99	12.4	11 11 34	+ 4 28	2.01	2.3	8 16
13	15 53	6 48	23 54.8	2.08	13.4	21 11 56	+ 2 12	1.93	2.4	7 58
14	16 24	7 58	—	—	14.4					
15	17 03	9 05	0 45.7	2.15	15.4	1 0 23	+ 0 48	4.08	22.5	21 42
16	17 52	10 03	1 37.8	2.18	16.4	11 0 20	+ 0 31	4.18	22.0	20 59
17	18 49	10 53	2 29.9	2.15	17.4	21 0 19	+ 0 22	4.30	21.4	20 18
18	19 52	11 31	3 20.8	2.08	18.4					
19	20 59	12 02	4 09.4	1.98	19.4	1 12 38	-1 43	10.41	7.2	9 59
20	22 06	12 26	4 55.6	1.88	20.4	11 12 42	-2 07	10.32	7.2	9 23
21	23 14	12 46	5 39.5	1.79	21.4	21 12 46	-2 30	10.21	7.3	8 48
22	—	13 04	6 21.9	1.75	22.4					
23	0 21	13 20	7 03.7	1.75	23.4	1 7 01	+ 23 05	18.41	1.9	4 22
24	1 30	13 37	7 46.1	1.80	24.4	11 7 00	+ 23 06	18.26	1.9	3 42
25	2 42	13 55	8 30.9	1.92	25.4	21 6 59	+ 23 08	18.12	1.9	3 02
26	3 57	14 16	9 18.4	2.09	26.4					
27	5 17	14 42	10 11.1	2.31	27.4	1 13 18	-6 20	31.24	1.2	10 35
28	6 41	15 16	11 09.5	2.55	28.4	11 13 17	-6 27	31.18	1.2	9 58
29	8 04	16 05	12 13.1	2.73	0.0	21 13 19	-6 34	31.08	1.2	9 20
30	9 18	17 08	13 19.8	2.78	1.0					

MJESEC			
Mijene Mjeseca (SEV)	Perigej i Apogej	Najmanja i najveća vrijednost	
		Horizontalna paralaksa	paralaksa
Nov. 6. ☾ 07h 59m	Nov. 2. 13h Perigej	59' 56"	16' 20"
13. ☉ 16 52	Nov. 18. 13h Apogej	54' 06"	14' 44"
21. ☾ 21 01	Nov. 30. 13h Perigej	60' 51"	16' 35"
29. ☉ 02 00			

# PROSINAC 1951.

Datum	Oh SVJETSKOG VREMENA					Izlaz i zalaz Sunca u Zagrebu (SEV)	
	SUNCE			Zvjezdano vrijeme	Jednadžba vremena: min u srednje	Izlaz	Zalaz
	Rektascenzija	Deklinacija	Duljina				
h m s	° ' "	° ' "	h m s	m s	h m	h m	
1	16 24 50.1	— 21 38 48	247 57.4	4 36 10.7	+ 11 20.4	7 17	16 12
2	16 29 09.0	21 48 22	248 58.2	4 40 07.3	10 58.2	7 18	16 12
3	16 33 28.4	21 57 30	249 59.1	4 44 03.8	10 35.4	7 19	16 12
4	16 37 48.4	22 06 13	251 00.0	4 48 00.4	10 12.0	7 20	16 11
5	16 42 08.9	22 14 30	252 00.8	4 51 57.0	9 48.0	7 21	16 11
6	16 46 30.0	— 22 22 21	253 01.7	4 55 53.5	+ 9 23.5	7 22	16 11
7	16 50 51.6	22 29 46	254 02.6	4 59 50.1	8 58.4	7 24	16 11
8	16 55 13.8	22 36 45	255 03.6	5 03 46.6	8 32.8	7 25	16 10
9	17 59 36.4	22 43 18	256 04.5	5 07 43.2	8 06.8	7 26	16 10
10	17 03 59.5	22 49 23	257 05.4	5 11 39.7	7 40.2	7 27	16 10
11	17 08 23.0	— 22 55 02	258 06.4	5 15 36.3	+ 7 13.3	7 27	16 10
12	17 12 46.9	23 00 13	259 07.4	5 19 32.8	6 45.9	7 28	16 10
13	17 17 11.2	23 04 57	260 08.4	5 23 29.4	6 18.2	7 29	16 10
14	17 21 35.9	23 09 14	261 09.3	5 27 26.0	5 50.1	7 30	16 11
15	17 26 00.8	23 13 03	262 10.4	5 31 22.5	5 21.7	7 31	16 11
16	17 30 26.1	— 23 16 24	263 11.4	5 35 19.1	+ 4 53.0	7 32	16 11
17	17 34 51.6	23 19 18	264 12.4	5 39 15.7	4 24.0	7 32	16 11
18	17 39 17.4	23 21 44	265 13.5	5 43 12.2	3 54.8	7 33	16 12
19	17 43 43.4	23 23 41	266 14.5	5 47 08.8	3 25.4	7 34	16 12
20	17 48 09.5	23 25 11	267 15.6	5 51 05.3	2 55.8	7 34	16 12
21	17 52 35.8	— 23 26 12	268 16.7	5 55 01.9	+ 2 26.1	7 35	16 13
22	17 57 02.2	23 26 45	269 17.8	5 58 58.4	1 56.2	7 35	16 13
23	18 01 28.7	23 26 50	270 18.9	6 02 55.0	1 26.3	7 36	16 14
24	18 05 55.2	23 26 27	271 20.0	6 06 51.5	0 57.3	7 36	16 14
25	18 10 21.8	23 25 35	272 21.2	6 10 48.1	+ 0 26.4	7 37	16 15
26	18 14 48.3	— 23 24 15	273 22.3	6 14 44.7	— 0 03.6	7 37	16 16
27	18 19 14.7	23 22 26	274 23.5	6 18 41.2	0 33.5	7 37	16 16
28	18 23 41.0	— 23 20 10	275 24.7	6 22 37.8	1 03.2	7 38	16 17
29	18 28 07.2	23 17 25	276 25.8	6 26 34.4	1 32.8	7 38	16 18
30	18 32 33.2	23 14 12	277 27.0	6 30 30.9	2 02.3	7 38	16 18
31	18 36 59.0	— 23 10 31	278 28.2	6 34 27.5	— 2 31.5	7 38	16 19

Dec.	Horizontalna paralaksa	Daljina od Zemlje	Polumjer	Precesija u duljini	Nutacija u duljini	Aberacija
1.	8.92	0.98610	16 14.7	45.94	+ 6.13	20.76
11.	8.94	0.98465	16 16.2	47.32	+ 6.66	20.79
21.	8.94	0.98374	16 17.1	48.70	+ 7.27	20.81
31.	8.95	0.98333	16 17.5	50.07	+ 7.88	20.82

# DECEMBAR 1951.

Datum	M J E S E C					PLANETI				
	U Zagrebu (SEV)		Kulminacija u Greenwicu	Promjena za 1 <sup>h</sup> zap. 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	h m	° ' "	° ' "	h m	h m	
1	10 17	18 26	14 25.8	2.68	2.0	MERKUR				
2	11 02	19 49	15 28.0	2.48	3.0	h m	° ' "	"	h m	
3	11 34	21 13	16 24.7	2.25	4.0	17 17 57	— 25 37	0.96	3.5	13 21
4	11 59	22 33	17 16.3	2.05	5.0	17 18 05	— 23 32	0.74	4.5	12 46
5	12 19	23 49	18 03.8	1.92	6.0	27 17 15	— 20 17	0.70	4.8	11 16
6	12 37	—	18 48.8	1.85	7.0	VENERA				
7	12 54	1 02	19 32.8	1.83	8.0	17 13 25	— 6 38	0.81	10.4	8 49
8	13 12	2 14	20 17.1	1.87	9.0	17 14 08	— 10 21	0.88	9.5	8 53
9	13 32	3 25	21 02.6	1.94	10.0	27 14 53	— 13 56	0.96	8.8	8 58
10	13 55	4 37	21 50.2	2.03	11.0	MARS				
11	14 24	5 47	22 40.0	2.11	12.0	17 12 17	— 0 02	1.84	2.5	7 40
12	15 00	6 54	23 31.3	2.17	13.0	17 12 37	— 2 11	1.75	2.7	7 21
13	15 46	7 55	—	—	14.0	27 12 57	— 4 16	1.65	2.8	7 02
14	16 41	8 48	0 23.5	2.16	15.0	JUPITER				
15	17 42	9 29	1 14.9	2.11	16.0	17 0 18	+ 0 21	4.43	20.7	19 38
16	18 48	10 03	2 04.4	2.01	17.0	17 0 19	+ 0 29	4.58	20.1	19 00
17	19 55	10 30	2 51.3	1.90	18.0	27 0 20	+ 0 44	4.74	19.4	18 23
18	21 02	10 51	3 35.7	1.80	19.0	SATURN				
19	22 08	11 09	4 18.0	1.73	20.0	17 12 49	— 2 50	10.08	7.4	8 12
20	23 15	11 25	4 59.0	1.70	21.0	17 12 52	— 3 06	9.94	7.5	7 36
21	—	11 41	5 40.0	1.73	22.0	27 12 55	— 3 20	9.78	7.6	6 59
22	0 23	11 57	6 22.1	1.80	23.0	URAN				
23	1 34	12 16	7 06.7	1.93	24.0	17 6 58	+ 23 10	18.01	1.9	2 21
24	2 50	12 39	7 55.4	2.14	25.0	17 6 56	+ 23 12	17.92	1.9	1 40
25	4 09	13 09	8 49.5	2.38	26.0	27 6 55	+ 23 14	17.87	1.9	0 59
26	5 31	13 48	9 49.8	2.63	27.0	NEPTUN				
27	6 51	14 44	10 55.3	2.80	28.0	17 13 20	— 6 41	30.96	1.2	8 42
28	7 56	15 56	12 03.0	2.81	29.0	17 13 21	— 6 46	30.83	1.2	8 04
29	8 52	17 19	13 09.2	2.67	0.5	27 13 22	— 6 50	30.67	1.2	7 25
30	9 31	18 47	14 10.7	2.45	1.5	PLUTON (1050.0)				
31	10 00	20 73	15 06.7	2.22	2.5	17 9 48	+ 22 46	35.55	—	5 11

M J E S E C			
Mijene Mjeseca (SEV)	Perigej i Apogej	Najmanja i najveća vrijednost	
		Horizontalna paralaksa	Polumjer
Dec. 5. ☾ 17h 20m	Dec. 15. 03h Apogej Dec. 28. 23h Perigej	53' 59"	14' 43"
13. ☉ 10 30			
21. ☽ 15 37			
28. ☉ 12 43			

## 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	+ 2'4	- 3'0	66'8	Apr. 1	- 26'2	- 6'6	321'2
4	+ 0'9	3'4	27'3	4	26'3	6'4	281'7
7	- 0'5	3'7	347'8	7	26'4	6'2	242'1
10	- 2'4	4'0	308'2	10	26'4	6'0	202'5
13	3'4	4'4	268'8	13	26'3	5'8	162'9
16	4'8	4'6	229'2	16	26'1	5'5	123'3
19	6'2	4'9	189'7	19	25'9	5'3	83'6
22	7'6	5'2	150'2	22	25'6	5'0	44'0
25	8'9	5'5	110'7	25	25'3	4'8	4'4
28	10'2	5'7	71'2	28	24'8	4'5	324'8
31	11'5	6'0	31'7				
Feb. 3	- 12'8	- 6'2	352'2	Maj 1	- 24'4	- 4'2	285'1
6	13'9	6'4	312'8	4	23'8	3'9	245'4
9	15'1	6'5	273'2	7	23'2	3'6	204'8
12	16'2	6'7	233'8	10	22'5	3'2	166'1
15	17'2	6'8	194'2	13	21'8	2'9	126'5
18	18'2	7'0	154'7	16	21'0	2'6	86'8
21	19'2	7'1	115'2	19	20'1	2'2	47'1
24	20'1	7'2	75'7	22	19'2	1'9	7'4
27	20'9	7'2	36'2	25	18'2	1'5	327'7
Mar. 2	- 21'7	- 7'2	357'0	28	17'2	1'2	288'0
5	22'4	7'2	317'2	31	16'1	0'8	248'4
8	23'1	7'2	277'6	Jun. 3	- 15'0	- 0'4	208'6
11	23'7	7'2	238'1	6	13'9	- 0'1	168'9
14	24'2	7'2	198'6	9	12'7	+ 0'3	129'2
17	24'7	7'1	159'0	12	11'4	+ 0'6	89'5
20	25'1	7'0	119'5	15	10'2	1'0	49'8
23	25'5	7'0	79'9	18	8'9	1'4	10'1
26	25'8	6'8	40'4	21	7'6	1'7	330'4
29	26'0	6'7	0'8	24	6'2	2'1	290'7
				27	4'9	2'4	251'0
				30	3'5	2'8	211'2

## PRIKLON EKLIPTIKE

Jan. 1.	23 26 53'0
Feb. 1.	53'2
Mar. 1.	53'7
Apr. 1.	53'8
Maj 1.	53'4
Jun. 1.	52'8

## CARRINGTONOVE ROTACIJE SUNCA

Jan. 6'1	Br. 1302
Feb. 2'4	1303
Mar. 1'8	1304
Mar. 29'1	1305
Apr. 25'3	1306
Maj 22'6	1307
Jun. 18'8	1308

## 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. 3	- 2'1	+ 3'1	171'5	Okt. 1	+ 26'6	+ 6'7	62'0
6	- 0'8	3'4	131'8	4	26'2	6'6	22'4
9	+ 0'6	3'7	92'1	7	26'3	6'4	342'8
12	+ 1'9	4'0	52'4	10	26'4	6'2	303'3
15	3'3	4'3	12'7	13	26'4	6'0	263'7
18	4'6	4'6	333'0	16	26'3	5'8	224'1
21	5'9	4'9	293'3	19	26'1	5'6	184'6
24	7'2	5'1	253'6	22	25'9	5'3	145'0
27	8'5	5'4	214'0	25	25'6	5'1	105'4
30	9'7	5'6	174'3	28	25'3	4'8	65'8
Aug. 2	+ 10'9	+ 5'8	134'6	31	24'9	4'5	26'3
5	12'1	6'0	94'9	Nov. 3	+ 24'4	+ 4'2	346'7
8	13'3	6'2	55'3	6	23'8	3'9	307'2
11	14'4	6'4	15'6	9	23'2	3'5	267'6
14	15'4	6'6	335'9	12	22'5	3'2	228'1
17	16'5	6'7	296'3	15	21'7	2'9	188'5
20	17'5	6'9	256'6	18	20'8	2'5	149'0
23	18'4	7'0	217'0	21	19'9	2'1	109'4
26	19'3	7'1	177'3	24	19'0	1'8	69'9
29	20'1	7'1	137'7	27	17'9	1'4	30'4
Sep. 1	+ 20'9	+ 7'2	98'1	30	16'8	1'0	350'8
4	21'7	7'2	58'4	Dec. 3	+ 15'7	+ 0'6	311'3
7	22'4	7'2	18'8	6	14'4	+ 0'3	271'7
10	23'0	7'2	339'2	9	13'2	- 0'1	232'2
13	23'6	7'2	299'6	12	11'9	- 0'5	192'7
16	24'2	7'2	260'0	15	10'6	0'9	153'2
19	24'7	7'1	220'4	18	9'2	1'3	113'6
22	25'1	7'1	180'8	21	7'8	1'6	74'1
25	25'5	7'0	141'2	24	6'4	2'0	34'6
28	25'8	6'8	101'6	27	4'9	2'4	355'1
				30	3'5	2'8	315'6

## PRIKLON EKLIPTIKE

Jul. 1.	23 26 52'5
Aug. 1.	52'8
Sep. 1.	53'4
Okt. 1.	53'5
Nov. 1.	52'8
Dec. 1.	52'2

## CARRINGTONOVE ROTACIJE SUNCA

Jul. 16'0	Br. 1308
Aug. 12'2	1309
Sep. 8'4	1310
Okt. 5'7	1311
Nov. 2'0	1312
Nov. 29'3	1313
Dec. 26'6	1314

# POMRČINE SUNCA I MJESECA U 1951.

Tokom godine 1951. bit će dvije pomrčine, obje Sunčeve:

7. III.: prstenasta pomrčina Sunca, nije vidljiva kod nas
1. IX.: prstenasta pomrčina Sunca, vidljiva kod nas kao djelomična

## Podaci o pomrčinama:

- Prstenasta pomrčina Sunca 7. III. 1951. vidljiva je u južnom dijelu Tihog oceana, Novom Zelandu, Sjedinjenim Državama Amerike, Meksiku, Srednjoj i sjevernom dijelu Južne Amerike.

	d	h	m	
Početak pomrčine	7	19	04	SEV
Početak prstenaste pomrčine	7	20	06	..
Sredina prstenaste pomrčine	7	21	39	..
Svršetak prstenaste pomrčine	7	23	40	..
Svršetak pomrčine	8	0	43	..

- Prstenasta pomrčina Sunca 1. IX. 1951. vidljiva je u istočnom dijelu Sjeverne Amerike, sjevernom i srednjem Atlantiku, zapadnoj i srednjoj Evropi i Africi.

	d	h	m	
Početak pomrčine	1	10	54	SEV
Početak prstenaste pomrčine	1	11	59	..
Sredina prstenaste pomrčine	1	13	42	..
Svršetak prstenaste pomrčine	1	15	44	..
Svršetak pomrčine	1	16	48	..

Pomrčina od 1. IX. 1951. vidjet će se kao djelomična u sjevero-zapadnom, zapadnom i južnom dijelu naše države.

Kako je pomrčina Sunca paralaktična pojava, to se podaci moraju za svakog promatrača posebno izračunati. Zbog toga donosimo podatke o vidljivosti pomrčine 1. IX. 1951. u nekim gradovima naše države:

	Početak pomrčine (SEV)	Sredina pomrčine (SEV)	Svršetak pomrčine (SEV)	Veličina pomrčine (☉ = 1)
	h m	h m	h m	
Banja Luka	13 18	13 38	13 57	0°02
Bjelovar	13 20	13 36	13 52	0°02
Karlovac	13 08	13 36	14 02	0°04
Osijek	—	—	—	—
Pula	13 00	13 33	14 06	0°07
Rijeka	13 03	13 34	14 05	0°06
Sarajevo	13 26	13 42	13 56	0°02
Split	13 12	13 39	14 04	0°05
Varaždin	13 16	13 35	13 54	0°02
Zagreb	13 15	13 35	13 55	0°03

# POJAVE KOD ČETIRIJU VELIKIH JUPITEROVIH SATELITA, 1951 vidljive kod nas (SEV)

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

Datum	Čas	Satelit	Pojava	Datum	Čas	Satelit	Pojava	Datum	Čas	Satelit	Pojava	Datum	Čas	Satelit	Pojava
JANUAR				JULI				SEPTEMBAR				NOVEMBAR			
1	17 14	I	im	13	0 33	II	em	11	20 37	I	p. p.	3	22 13	I	im
	18 34	II	im		1 26	III	im		23 22	I	em	4	1 12	I	s. p.
8	19 15	I	im	18	23 49	I	p. p.	14	21 56	II	em	5	19 41	I	s. p.
14	18 18	III	s. p.	19	3 25	I	em	17	4 03	I	p. p.	7	0 14	II	im
17	18 54	I	s. p.	20	23 38	III	p. p.	18	22 31	I	p. p.	10	17 54	II	s. p.
19	18 18	II	s. p.	20	2 32	II	s. p.	19	1 06	I	em	11	0 00	I	im
21	19 02	III	p. p.	26	3 03	II	em	20	19 32	I	em	12	18 43	III	s. p.
	19 04	III	em	26	1 44	I	p. p.	21	20 58	II	p. p.	12	18 27	I	im
24	17 47	I	im	27	0 18	II	p. p.	22	0 10	II	em	14	21 37	I	s. p.
					3 39	III	p. p.	26	0 26	I	p. p.	14	2 35	II	im
					23 45	I	em	27	2 50	I	em	17	20 31	II	s. p.
								28	18 55	I	p. p.	18	1 48	I	im
								28	21 16	I	em		18 30	III	em
								29	23 34	II	p. p.		20 09	III	p. p.
									2 24	II	em		22 45	III	s. p.
												19	20 15	I	im
												21	23 32	I	s. p.
												24	18 01	I	s. p.
												24	18 12	II	im
												25	23 09	III	s. p.
												25	19 28	III	im
												26	22 08	III	em
												26	0 12	III	p. p.
												27	22 05	I	im
												28	1 27	I	s. p.
												28	19 56	I	s. p.
												DECEMBAR			
												1	20 40	II	im
												2	23 10	III	im
												3	23 56	I	im
												5	18 24	I	im
												8	21 52	I	s. p.
												8	23 10	II	im
												12	17 44	II	s. p.
												12	20 16	I	im
												14	23 47	I	s. p.
												14	18 16	I	s. p.
												19	20 23	II	s. p.
												19	22 10	I	im
												21	20 11	I	s. p.
												24	18 53	III	s. p.
												26	17 37	II	im
												26	23 01	II	s. p.
												28	18 34	I	im
												28	17 36	I	s. p.
												31	20 26	III	em
												31	22 55	III	s. p.

## POLOŽAJI ČETIRIJU JUPITEROVIH SATELITA 1951

kako se vidi astronomskim dalekozorom (SEV)

Datum	Januar 19h 00m		Februar 18h 45m		Maj 4h 45m		Juni 3h 30m		Juli 2h 45m	
	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E
1	4 ○ 3		423 (1)		32 ○ 1		41 ○ 23		421 ○ 3	
2	41 ○ 23		432 ○ 1		2 ○ 4		42 (1) 3		42 ○ 31	
3	2 (3) 14		431 ○ 2		1 ○ 234		24 ○ 13		43 ○ 2	
4	321 ○ 4		432 ○ 1		○ 1234		31 ○ 42		431 (2)	
5	3 ○ 124		21 ○ 3		21 ○ 34		3 ○ 124		432 ○ 1	
6	31 ○ 24		○ 1243		32 ○ 14		321 ○ 4		41 ○ 32	
7	2 ○ 134		1 ○ 234		31 ○ 24		23 ○ 14		4 ○ 123	
8	21 ○ 34		23 ○ 14		3 (2) 14		1 ○ 234		21 ○ 43	
9	1 ○ 234		32 ○ 4		231 ○ 4		(2) 134		2 ○ 134	
10	2 ○ 314		31 ○ 24		4 (1) 23		2 ○ 34		31 ○ 24	
11	3214 ○		3 (2) 14		4 ○ 123		31 ○ 24		3 (1) 24	
12	34 ○ 21		21 ○ 34		421 ○ 3		3 ○ 412		32 ○ 14	
13	431 ○ 2		○ 2413		423 ○ 1		3421 ○		1 ○ 24	
14	42 ○ 31		41 ○ 23		431 ○ 2		423 ○ 1		○ 1234	
15	421 ○ 3		42 ○ 31		43 ○ 21		41 ○ 23		12 ○ 43	
16	4 (1) 23		432 ○		4231 ○		4 ○ 213		24 ○ 13	
17	4 (2) 13		431 ○ 2		4 ○ 123		42 ○ 3		431 ○ 2	
18	4231 ○		43 ○ 21		○ 4123		43 (1)		43 ○ 12	
19	34 ○ 21		421 ○ 3		21 ○ 43		43 ○ 12		432 ○	
20	31 ○ 42		4 ○ 213		2 ○ 314		321 ○		413 ○	
21	2 ○ 14		41 ○ 23		31 ○ 24		23 ○ 41		4 ○ 123	
22	21 ○ 34				3 ○ 214		1 ○ 324		412 ○ 3	
23	○ 1234				231 ○ 4		○ 2134		42 ○ 13	
24	○ 234				○ 134		21 ○ 34		134 ○ 2	
25	231 ○ 4				○ 243		(3) 14		3 ○ 124	
26	3 ○ 14				21 ○ 43		3 ○ 124		32 ○ 4	
27	31 ○ 42				24 ○ 31		312 ○ 4		31 ○ 4	
28	243 ○ 1				431 ○ 2		23 ○ 14		○ 1324	
29	421 ○ 3				43 ○ 21		14 ○ 32		12 ○ 34	
30	4 ○ 123				4321 ○		4 ○ 123		2 ○ 134	
31	41 ○ 23				4 ○ 31				13 ○ 24	

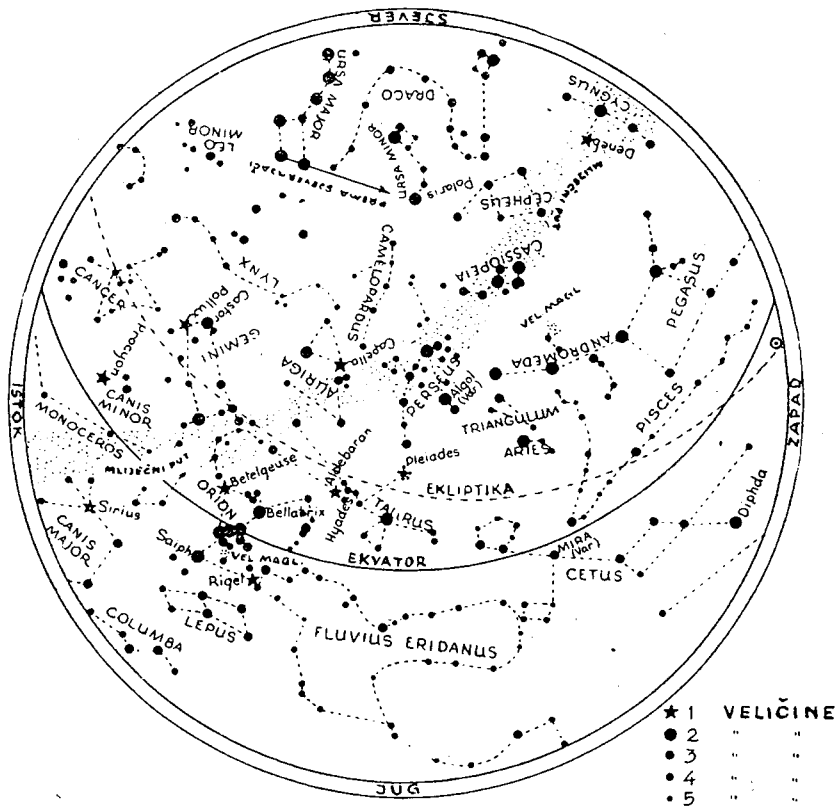
Napomena: Kad je satelit zastrt pločom planeta (okultacija) ili pomračen sjenom planeta, njegove brojke uopće nema; ako prolazi pred planetom, pa se projicira na ploču planeta, brojka mu je u zagradi naznačena.

## POLOŽAJI ČETIRIJU JUPITEROVIH SATELITA 1951

kako se vidi astronomskim dalekozorom (SEV)

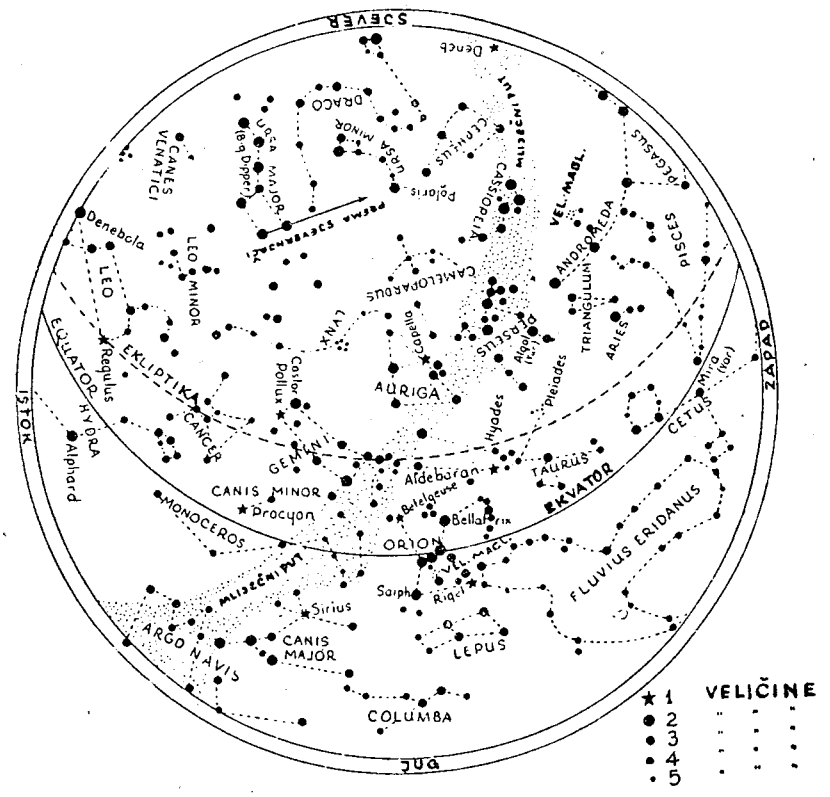
Datum	August 2h 00m		Septembar 1h 15m		Oktobar 23h 45m		Novembar 22h 00m		Decembar 21h 00m	
	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E
1		3 ○ 412		1 ○ 24		2 ○ 134		312 ○ 4		341 ○
2	3241 ○			○ 1234		1 ○ 324		32 ○ 14		43 ○ 12
3	432 ○ 1			2 ○ 43		3 (1) 24		31 ○ 24		412 ○ 3
4	4 ○ 132		142 ○ 3		32 ○ 14		1 ○ 234		2 ○ 143	
5	41 (2) 3		43 ○ 12		312 ○ 4		2 ○ 134		○ 234	
6	42 ○ 13		431 (2)		○ 4312		12 ○ 34		31 ○ 24	
7	41 ○ 32		432 ○ 1		412 ○ 3		○ 3124		32 ○ 14	
8	43 ○ 12		413 ○ 2		42 ○ 13		312 ○ 4		312 ○ 4	
9	3241 ○		4 ○ 123		41 ○ 23		324 ○ 1		3 ○ 124	
10	32 ○ 41		421 ○ 3		43 ○ 12		431 ○ 2		12 ○ 34	
11		○ 324		42 (1) 3		432 ○		4 (1) 32		2 ○ 143
12	1 ○ 234		34 ○ 12		4321 ○		42 ○ 13		4 ○ 23	
13	2 ○ 134		31 (2) 4		4 ○ 12		412 ○ 3		413 ○ 2	
14	1 ○ 234		32 ○ 14		14 (2) 3		4 ○ 312		432 ○ 1	
15	3 ○ 124		13 ○ 24		2 ○ 143		431 (2)		4312 ○	
16	321 ○ 4		○ 1324		1 ○ 234		324 ○ 1		43 ○ 12	
17	32 ○ 14		21 ○ 34		3 ○ 124		31 ○ 24		41 (2) 3	
18	○ 432		2 ○ 134		321 ○ 4		○ 124		42 ○ 13	
19	4 (1) 23		(3) 124		321 ○ 4		2 ○ 34		41 ○ 23	
20	42 ○ 13		31 ○ 24		3 ○ 124		21 ○ 34		4 (*) 2	
21	41 ○ 23		324 ○ 1		1 ○ 234		○ 3124		32 ○ 14	
22	43 ○ 12		431 ○ 2		2 ○ 143		31 ○ 24		321 ○ 4	
23	4312 ○		4 ○ 132		14 ○ 23		32 ○ 14		3 ○ 124	
24	432 ○ 1		421 ○ 3		43 ○ 12		31 ○ 4		1 ○ 234	
25	41 ○ 2		42 ○ 13		4321 ○		○ 412		2 ○ 134	
26	4 (1) 23		4 ○ 32		432 (1)		421 ○ 3		1 ○ 34	
27	2 ○ 143		431 ○ 2		43 ○ 12		421 ○ 3		○ 1324	
28	1 ○ 34		324 ○ 1		41 ○ 23		4 ○ 132		32 ○ 4	
29	3 ○ 124		31 ○ 4		42 ○ 13		431 ○ 2		3241 ○	
30	312 ○ 4		○ 3124		41 ○ 3		432 ○ 1		43 ○ 12	
31	32 ○ 14				3 ○ 412				41 ○ 2	

\* pred pločom planeta su sateliti 1, 3  
 Napomena: Kad je satelit zastrt 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.



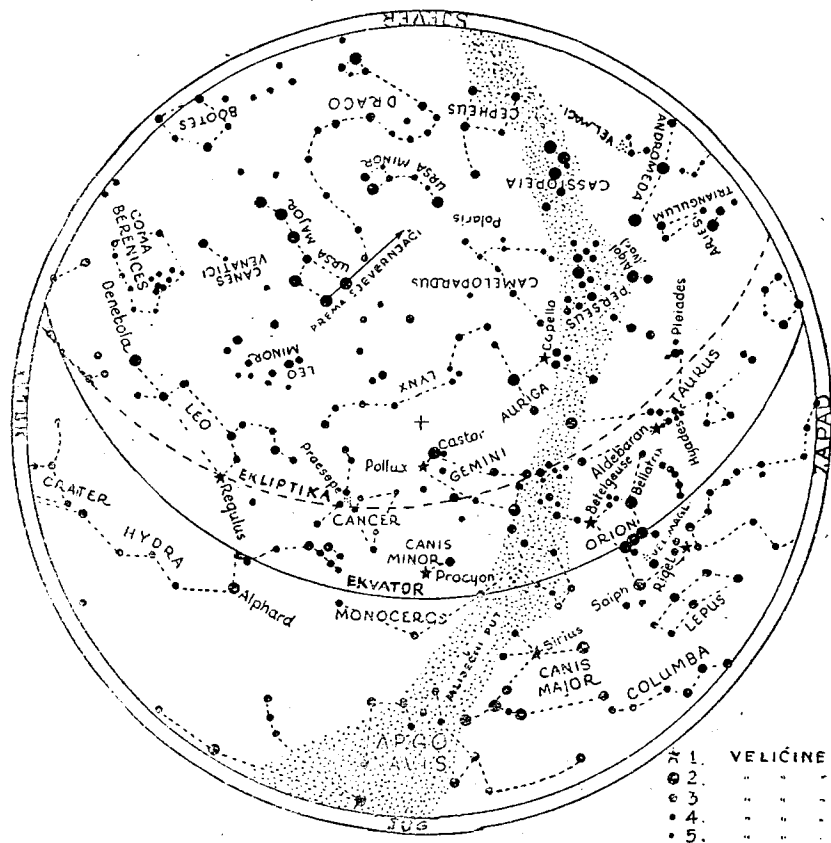
POJAVE U SIJEČNJU

- d
- 1 Merkur u donjoj konjunkciji sa Suncem u 20h
- 2 Neptun u konjunkciji sa Mjesecom u 01h
- 2 U 04h Zemlja u perihelu (Sunce u perigeju)
- 3 Venera se u 03h nalazi u afelu
- 7 Merkur u konjunkciji sa Mjesecom
- 8 Venera u 18h u konjunkciji sa Mjesecom
- 10 Mars u konjunkciji sa Mjesecom u 02h
- 11 Jupiter u 08h u konjunkciji sa Mjesecom
- 12 Merkur stacionaran u rektascenziji u 15h
- 13 Saturn stacionaran u rektascenziji u 05h
- 21 Uran u konjunkciji sa Mjesecom u 02h
- 21 Neptun stacionaran u rektascenziji u 21h
- 23 Merkur u maksimalnoj elongaciji (25°W) u 23h
- 27 Saturn u konjunkciji sa Mjesecom u 23h
- 29 Neptun u konjunkciji sa Mjesecom u 07h



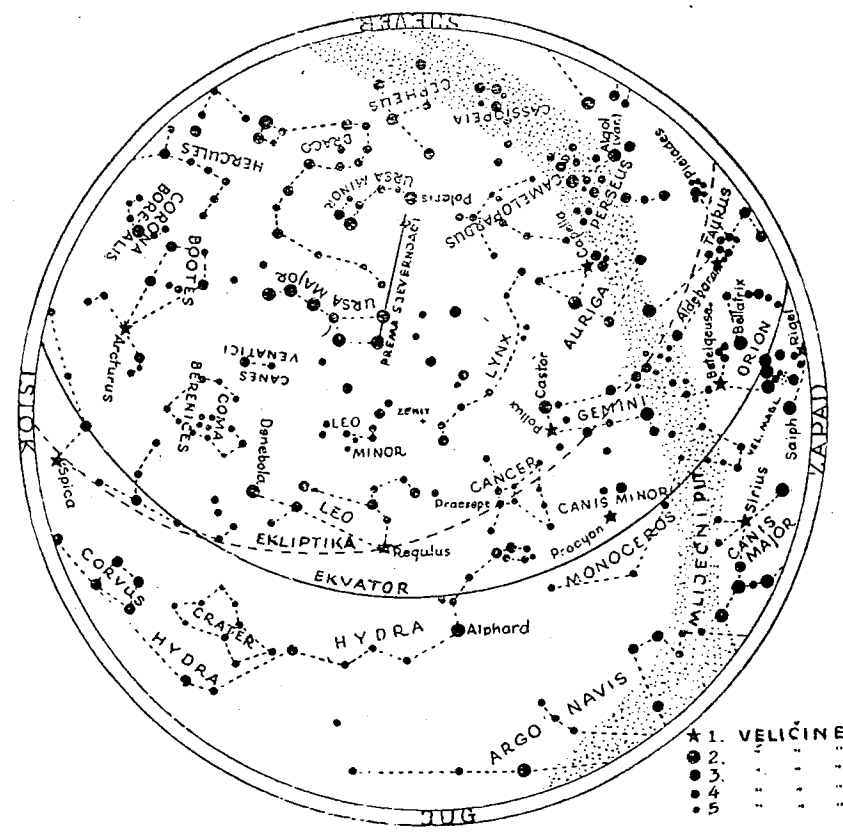
POJAVE U VELJAČI

- d
- 4 Merkur u konjunkciji sa Mjesecom u 15h
- 7 Konjunkcija Marsa i Jupitera u 19h
- 7 Venera u konjunkciji sa Mjesecom u 22h
- 8 Jupiter u 05h u konjunkciji sa Mjesecom
- 8 Mars u konjunkciji sa Mjesecom u 06h
- 8 Pluton u opoziciji sa Suncem u 06h
- 11 Merkur u afelu u 00h
- 11 Konjunkcija Venere i Jupitera u 15h
- 16 Konjunkcija Marsa i Venere u 04h
- 17 Uran u konjunkciji sa Mjesecom u 08h
- 24 Saturn u konjunkciji sa Mjesecom u 03h
- 25 Neptun u 12h u konjunkciji sa Mjesecom



POJAVE U OZUJKU

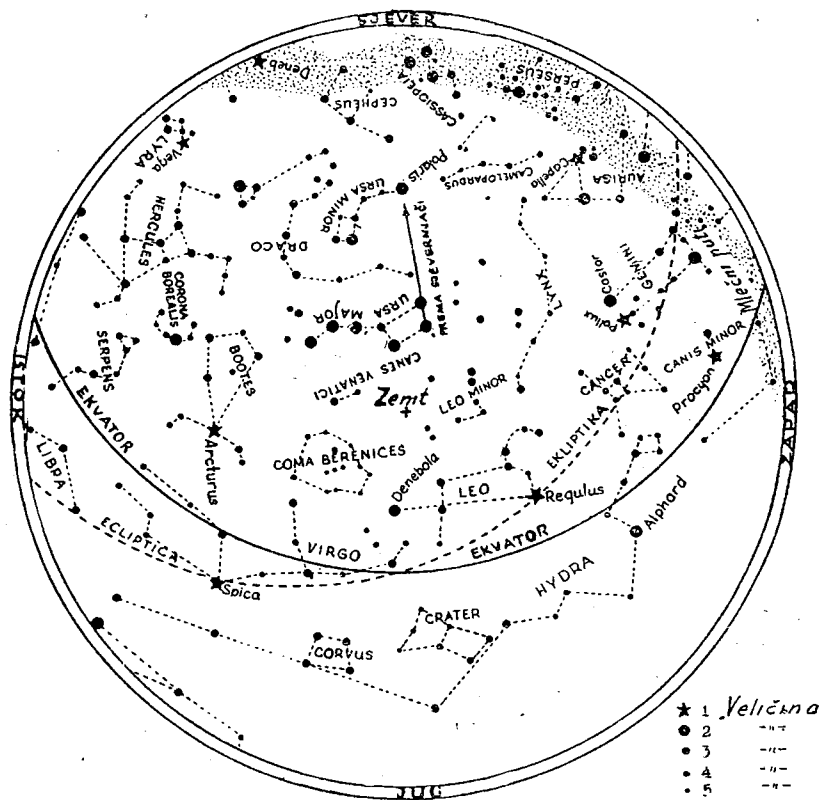
- d
- 7 Prstenasta pomrčina Sunca
- 7 Merkur u 15<sup>h</sup> u konjunkciji sa Mjesecom
- 8 Jupiter u konjunkciji sa Mjesecom u 03<sup>h</sup>
- 9 Mars u konjunkciji sa Mjesecom u 10<sup>h</sup>
- 10 Venera u konjunkciji sa Mjesecom u 06<sup>h</sup>
- 11 Merkur u 10<sup>h</sup> u konjunkciji sa Mjesecom
- 11 Merkur u gornjoj konjunkciji sa Suncem u 10<sup>h</sup>
- 11 Konjunkcija Jupitera i Sunca u 17<sup>h</sup>
- 14 Uran stacionaran u rektascenziji u 11<sup>h</sup>
- 16 Uran u konjunkciji sa Mjesecom u 16<sup>h</sup>
- 20 Saturn u opoziciji sa Suncem u 10<sup>h</sup>
- 21 Sunce ulazi u znak Ovna u 10<sup>h</sup> (početak proljeća)
- 23 Saturn u konjunkciji sa Mjesecom u 08<sup>h</sup>
- 26 Konjunkcija Merkura i Marsa u 09<sup>h</sup>
- 27 Merkur u perihelu u 00<sup>h</sup>



POJAVE U TRAVNJKU

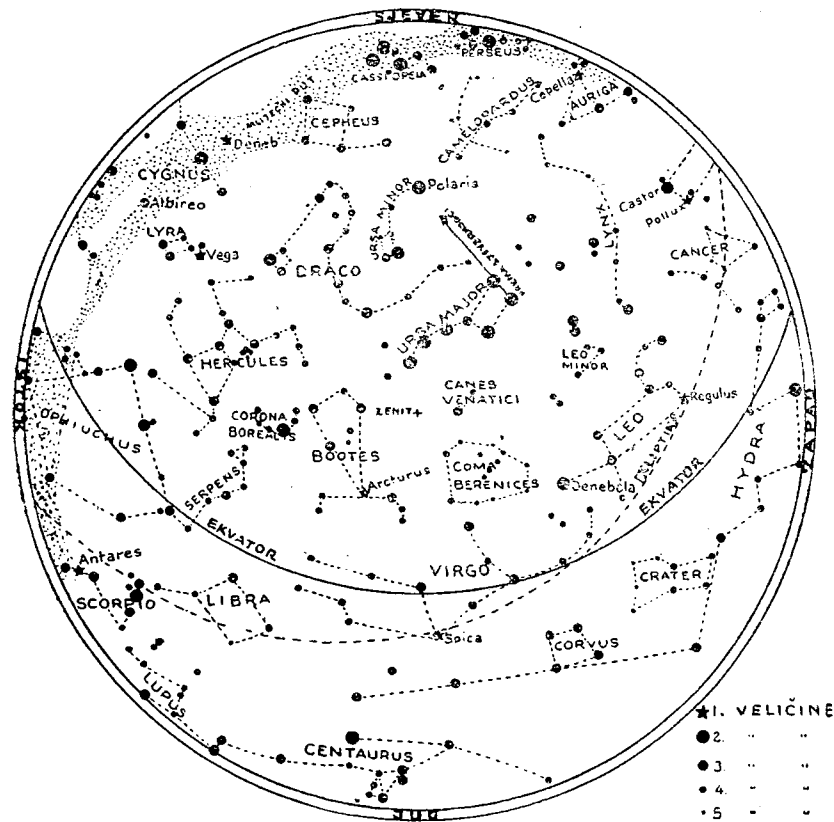
- d
- 4 Jupiter u konjunkciji sa Mjesecom u 24<sup>h</sup>
- 5 Merkur u maksimalnoj elongaciji u 20<sup>h</sup>
- 7 Mars u 12<sup>h</sup> u konjunkciji sa Mjesecom
- 8 Merkur u 02<sup>h</sup> u konjunkciji sa Mjesecom
- 8 Neptun u opoziciji sa Suncem u 20<sup>h</sup>
- 9 Venera u konjunkciji sa Mjesecom u 02<sup>h</sup>
- 13 Uran u konjunkciji sa Mjesecom u 00<sup>h</sup>
- 14 Merkur stacionaran u rektascenziji u 22<sup>h</sup>
- 19 Konjunkcija Merkura i Marsa u 08<sup>h</sup>
- 19 Saturn u konjunkciji sa Mjesecom u 14<sup>h</sup>
- 21 Neptun u konjunkciji sa Mjesecom u 03<sup>h</sup>
- 25 Merkur u donjoj konjunkciji sa Suncem u 04<sup>h</sup>
- 25 Venera u perihelu u 14<sup>h</sup>





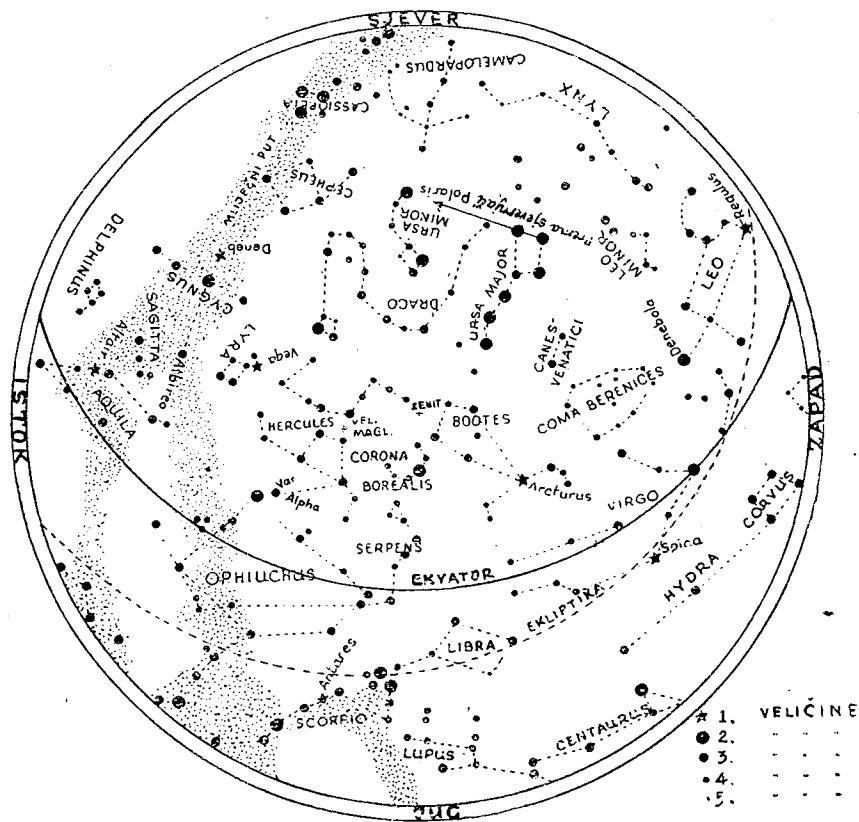
### POJAVE U SVIBNJU

- d
- 2 Jupiter u konjunkciji sa Mjesecom u 18<sup>h</sup>
  - 4 Merkur u 22<sup>h</sup> u konjunkciji sa Mjesecom
  - 6 Mars u 13<sup>h</sup> u konjunkciji sa Mjesecom
  - 7 Merkur stacionaran u rektascenziji u 11<sup>h</sup>
  - 9 Venera u konjunkciji sa Mjesecom u 17<sup>h</sup>
  - 9 Merkur u afelu u 23<sup>h</sup>
  - 10 Uran u 09<sup>h</sup> u konjunkciji sa Mjesecom
  - 16 Saturn u konjunkciji sa Mjesecom u 22<sup>h</sup>
  - 17 Konjunkcija Venere i Urana u 05<sup>h</sup>
  - 18 Neptun u konjunkciji sa Mjesecom u 12<sup>h</sup>
  - 22 U 14<sup>h</sup> Mars u opoziciji sa Suncem
  - 22 Merkur u maksimalnoj elongaciji (25°W) u 17<sup>h</sup>
  - 30 Saturn stacionaran u rektascenziji u 01<sup>h</sup>
  - 30 Jupiter u konjunkciji sa Mjesecom u 10<sup>h</sup>



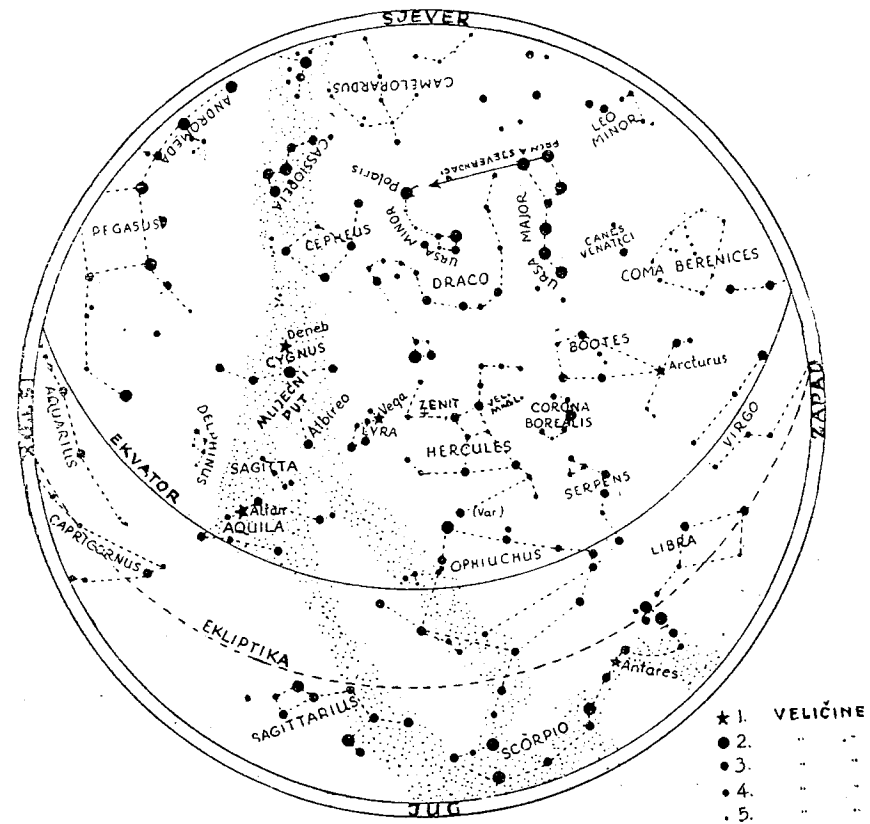
### POJAVE U LIPNJU

- d
- 2 Merkur u konjunkciji sa Mjesecom u 21<sup>h</sup>
  - 4 Mars u konjunkciji sa Mjesecom u 11<sup>h</sup>
  - 6 Uran u konjunkciji sa Mjesecom u 19<sup>h</sup>
  - 8 Venera u konjunkciji sa Mjesecom u 18<sup>h</sup>
  - 13 Saturn u konjunkciji sa Mjesecom u 06<sup>h</sup>
  - 14 Neptun u konjunkciji sa Mjesecom u 21<sup>h</sup>
  - 19 Konjunkcija Merkura i Marsa u 15<sup>h</sup>
  - 22 U 05<sup>h</sup> Sunce ulazi u znak Raka (početak ljeta)
  - 22 U 23<sup>h</sup> Merkur u perihelu
  - 25 Merkur u gornjoj konjunkciji sa Suncem u 14<sup>h</sup>
  - 25 Venera u maksimalnoj elongaciji (45°E) u 17<sup>h</sup>
  - 27 U 01<sup>h</sup> Jupiter u konjunkciji sa Mjesecom
  - 28 U 10<sup>h</sup> konjunkcija Merkura i Urana
  - 29 Neptun stacionaran u rektascenziji u 12<sup>h</sup>



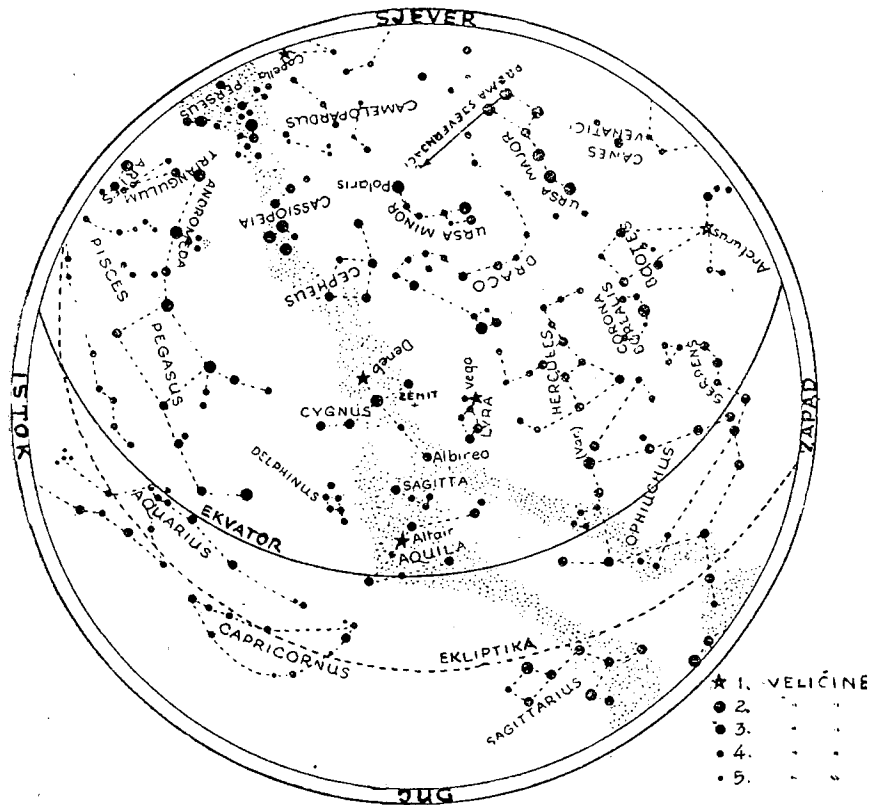
### POJAVE U SRPNJU

- d
- 2 Uran u opoziciji sa Suncem u 09<sup>h</sup>
- 3 Mars u konjunkciji sa Mjesecom u 08<sup>h</sup>
- 4 Uran u konjunkciji sa Mjesecom u 04<sup>h</sup>
- 4 U 21<sup>h</sup> Sunce u apogeju (Zemlja u afelu)
- 5 Merkur u konjunkciji sa Mjesecom u 08<sup>h</sup>
- 8 Venera u konjunkciji sa Mjesecom u 08<sup>h</sup>
- 10 Saturn u konjunkciji sa Mjesecom u 16<sup>h</sup>
- 12 Neptun u konjunkciji sa Mjesecom u 04<sup>h</sup>
- 19 U 23<sup>h</sup> konjunkcija Marsa i Urana
- 24 Jupiter u konjunkciji sa Mjesecom u 12<sup>h</sup>
- 29 U 06<sup>h</sup> Venera u najvećem sjaju
- 31 Uran u konjunkciji sa Mjesecom u 13<sup>h</sup>



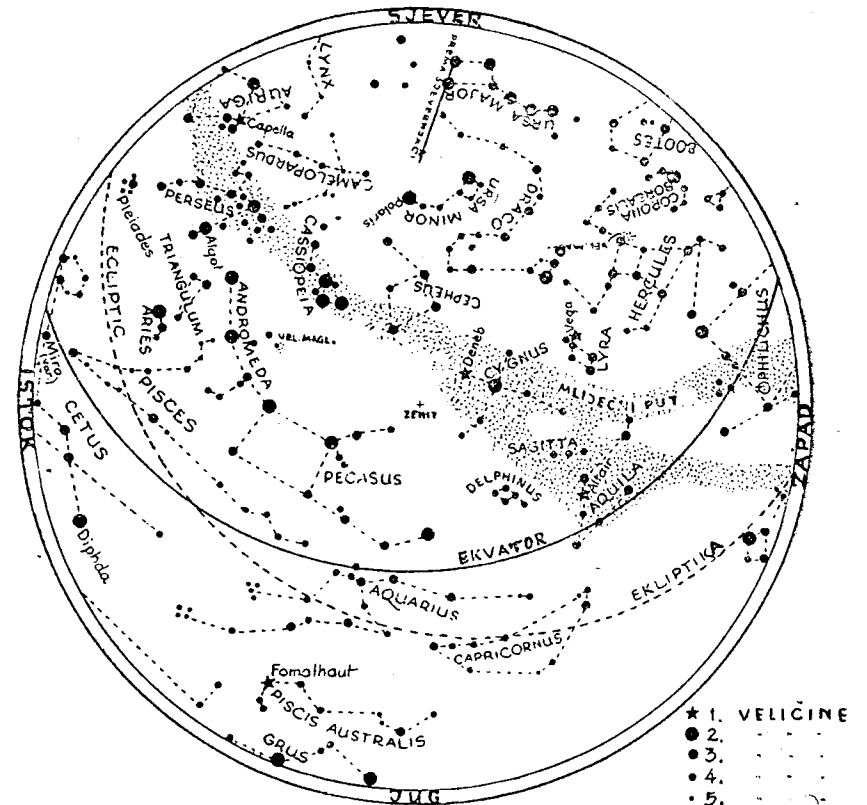
### POJAVE U KOLOVOZU

- d
- 1 Mars u konjunkciji sa Mjesecom u 04<sup>h</sup>
- 3 U 19<sup>h</sup> Merkur u maksimalnoj elongaciji (27°E)
- 4 Jupiter stacionaran u rektascenziji u 21<sup>h</sup>
- 5 Merkur u konjunkciji sa Mjesecom u 07<sup>h</sup>
- 5 Venera u konjunkciji sa Mjesecom u 21<sup>h</sup>
- 5 Merkur u afelu u 22<sup>h</sup>
- 7 Saturn u konjunkciji sa Mjesecom u 02<sup>h</sup>
- 8 Neptun u konjunkciji sa Mjesecom u 11<sup>h</sup>
- 11 Venera stacionarna u rektascenziji u 00<sup>h</sup>
- 13 U 01<sup>h</sup> Pluton u konjunkciji sa Suncem
- 15 Venera u afelu u 22<sup>h</sup>
- 16 Merkur stacionaran u rektascenziji u 21<sup>h</sup>
- 20 Jupiter u konjunkciji sa Mjesecom u 21<sup>h</sup>
- 27 Uran u konjunkciji sa Mjesecom u 23<sup>h</sup>
- 29 Mars u konjunkciji sa Mjesecom u 24<sup>h</sup>
- 31 Merkur u donjoj konjunkciji sa Suncem u 08<sup>h</sup>



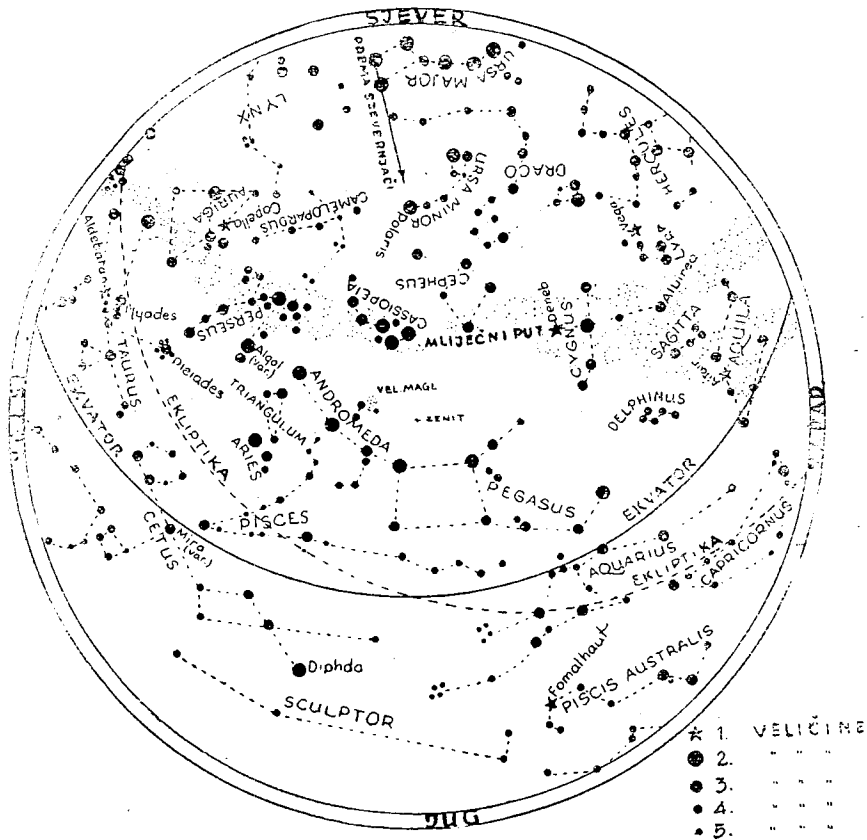
POJAVE U RUJNU

- d
- 1 Prstenasta pomrčina Sunca
  - 1 Merkur u konjunktiji sa Mjesecom u 06h
  - 1 Venera u konjunktiji sa Mjesecom u 12h
  - 3 Saturn u konjunktiji sa Mjesecom u 13h
  - 3 Venera u donjoj konjunktiji sa Suncem u 15h
  - 4 Neptun u konjunktiji sa Mjesecom u 18h
  - 9 Merkur stacionaran u rektascenziji u 01h
  - 12 Konjunktija Merkura i Venere u 13h
  - 16 Merkur u maksimalnoj elongaciji (18°W) u 16h
  - 17 Jupiter u konjunktiji sa Mjesecom u 02h
  - 18 Merkur u perihelu u 22h
  - 23 Venera stacionarna u rektascenziji u 07h
  - 23 U 21h Sunce ulazi u znak Vage (početak jeseni)
  - 24 Uran u konjunktiji sa Mjesecom u 08h
  - 27 Mars u konjunktiji sa Mjesecom u 21h
  - 28 Venera u konjunktiji sa Mjesecom u 05h
  - 29 Saturn u 11h u konjunktiji sa Suncem
  - 30 Merkur u konjunktiji sa Mjesecom u 09h



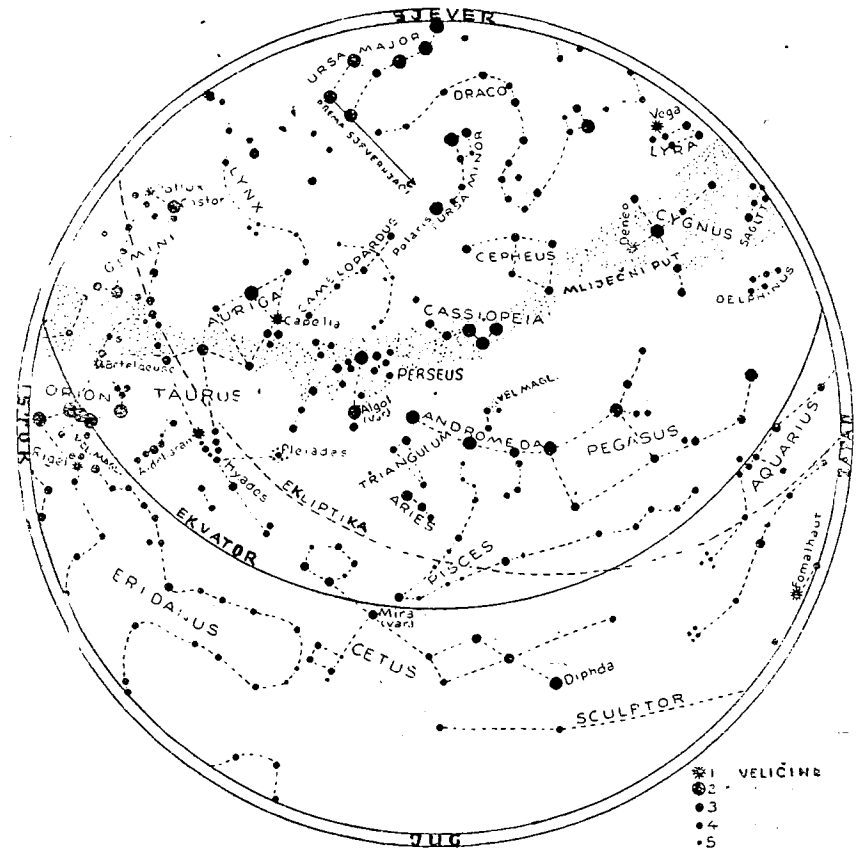
POJAVE U LISTOPADU

- d
- 1 Saturn u konjunktiji sa Mjesecom u 03h
  - 2 Neptun u konjunktiji sa Mjesecom u 02h
  - 3 Jupiter u opoziciji sa Suncem u 04h
  - 6 Konjunktija Merkura i Saturna u 06h
  - 10 Venera u svom najvećem sjaju u 19h
  - 13 Neptun u konjunktiji sa Suncem u 10h
  - 13 Merkur u gornjoj konjunktiji sa Suncem
  - 13 Konjunktija Merkura i Neptuna u 16h
  - 14 Jupiter u konjunktiji sa Mjesecom u 04h
  - 20 Uran stacionaran u rektascenziji u 21h
  - 21 Uran u konjunktiji sa Mjesecom u 17h
  - 26 Mars u konjunktiji sa Mjesecom u 17h
  - 26 Venera u konjunktiji sa Mjesecom u 23h
  - 28 Saturn u konjunktiji sa Mjesecom u 18h
  - 29 Neptun u konjunktiji sa Mjesecom u 13h
  - Merkur u konjunktiji sa Mjesecom u 12h



POJAVE U STUDENOM

- d
- 1 Merkur u afelu u 22h
- 10 Jupiter u konjunkciji sa Mjesecom u 06h
- 14 Venera u maksimalnoj elongaciji (47°W) u 09h
- 18 Uran u konjunkciji sa Mjesecom u 00h
- 21 Jupiter u perihelu u 07h
- 21 Konjunkcija Venere i Saturna u 10h
- 24 Mars u konjunkciji sa Mjesecom u 11h
- 25 Saturn u konjunkciji sa Mjesecom u 10h
- 25 Venera u konjunkciji sa Mjesecom u 18h
- 26 Neptun u konjunkciji sa Mjesecom u 01h
- 28 Merkur u maksimalnoj elongaciji (22°E) u 11h
- 29 Venera i Neptun u konjunkciji u 16h
- 30 Merkur u konjunkciji sa Mjesecom u 14h
- 30 Jupiter stacionaran u rektascenziji u 19h



POJAVE U PROSINCU

- d
- 6 Venera u perihelu u 12h
- 7 Jupiter u konjunkciji sa Mjesecom u 10h
- 7 Merkur stacionaran u rektascenziji u 11h
- 9 Mars u afelu u 00h
- 15 Uran u konjunkciji sa Mjesecom u 05h
- 15 Merkur u perihelu u 21h
- 17 Merkur u donjoj konjunkciji sa Suncem u 03h
- 19 Konjunkcija Marsa i Saturna u 13h
- 22 Sunce ulazi u znak Jarca (početak zime) u 16h
- 22 Saturn u konjunkciji sa Mjesecom u 23h
- 23 Mars u konjunkciji sa Mjesecom u 23h
- 23 Neptun u konjunkciji sa Mjesecom u 12h
- 25 Venera u konjunkciji sa Mjesecom u 14h
- 27 Merkur u konjunkciji sa Mjesecom u 06h
- 27 Merkur stacionaran u rektascenziji u 08h

III. TUMAČ EFEMERIDAMA

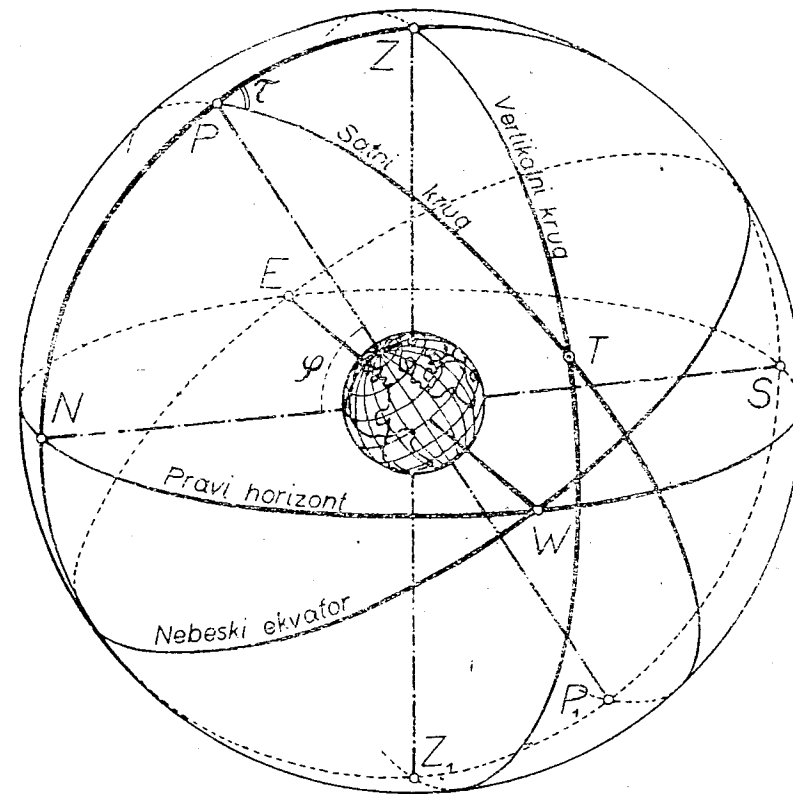
## GLAVNI POJMOVI SFERNE ASTRONOMIJE.

**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 opažачa 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* njihovo, 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 opažачa, 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 nadirom).

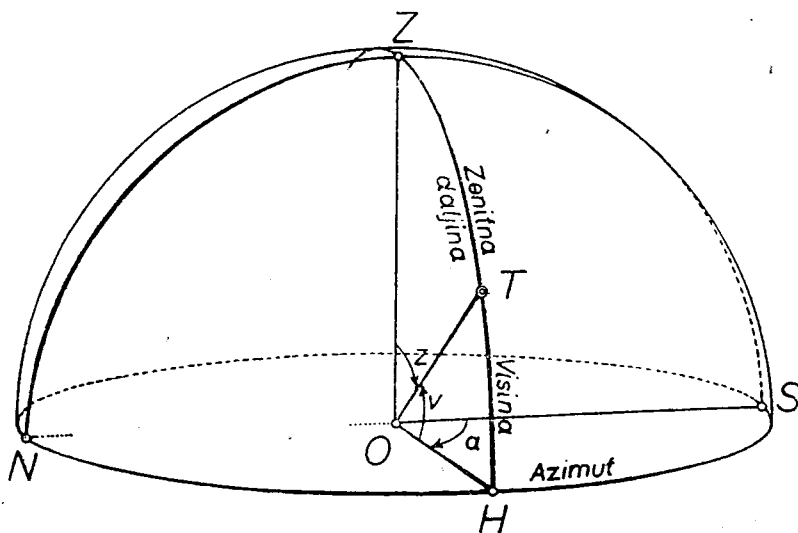


Sl. 1.

*Vertikalni krug* nebeskoga tijela je najveći krug na nebeskoj kugli, koji prolazi tim tijelom te zenitom i nadirom, 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 veličinama, *dvojema horizontskim koordinatama*: visinom i azimutom. Visina ( $\varrho$ ) nebeskoga tijela je kut (TOH) smjera nje-

gova 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 vertikalnog kruga od zenita prema nadiru od  $0^\circ$  do  $180^\circ$ .



Sl. 2.

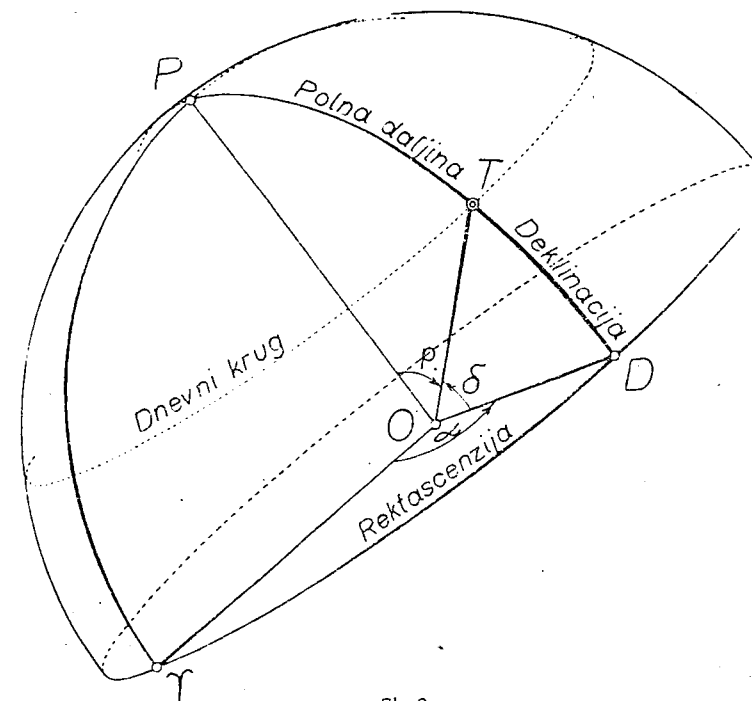
*Azimut* ( $a$ ) nebeskoga tijela je kut (SOH) ravnine meridijana u mjestu opažanja i vertikalnoga kruga tijela T. Broji se na horizontu počevši od S preko W, N, E od  $0^\circ$  do  $360^\circ$ . Horizontske koordinate nebeskoga tijela mijenjaju se s mjestom opažanja, a u istom mjestu neprekidno ih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

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

**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 " " daje satni kut u h m s radi sveze njegove s mjerenjem vremena. Pri tome je  $360^\circ$  ekvivalentno s 24h, dakle  $1^h = 15^\circ$ ,  $1^m = 15'$ ,  $1^s = 15''$ , a  $1^\circ = 4^m$ ,  $1' = 4^s$ ,  $1'' = 0^s.0666$ . — Na pr.  $128^\circ 16' 35.00'' = 8^h 33^m 6^s.333$ .



Sl. 3.

*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 nebeskog 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* ( $V$ ), 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  $24^h$  (rijetko od  $0^o$  do  $360^o$ ).

*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 ( $\varphi = 0^o$ ) nebeski su polovi u horizontu, nebeski ekvator prolazi zenitom, zvijezde opisuju vertikalne dnevne krugove, a horizont raspolavlja dnevne krugove njihove. Na sjevernom polu Zemlje ( $\varphi = 90^o$ ) 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 priklopa 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 različnim mjestima istoga meridijana različna. Iz slijedeće tablice vidi se trajanje najduljega i najkraćega dana.

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

Na sjevernoj polukugli dan je najdulji u času, kad se astronomski počinje ljeto (ljetni solstici), najkraći u času, kad se počinje zima (zimski solstici). 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
$70^o$	70 <sup>d</sup>	55 <sup>d</sup>	$70^o$	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:

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

prema tome

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



**Ekliptički koordinatni sustav.** Dnevnom 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  $0^h$ , do  $24^h$ , 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 (zanemariivši 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.  $90^{\circ}$  u ekliptici dalje od proljetne točke u smislu godišnjega gibanja Sunca leži *ljetna solsticijalna točka*, a  $90^{\circ}$  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  $0^{\circ}$  do  $360^{\circ}$ , 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  $0^{\circ}$  do  $+90^{\circ}$ , i od ekliptike do južnoga pola ekliptike od  $0^{\circ}$  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	92d 20h,
ljeto	93d 15h,
jesen	89d 19h,
zima	89d 0h.

Proljeće i ljeto traju dakle zajedno gotovo  $8^d$  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  $4^d$ . — Trajanje se godišnjih dobi s vremenom mijenja.

*Mijene (faze) Mjesečeve* stoje do razlike duljina Sunca i Mjeseca. Mlađ, prva četvrt, uštap, posljednja četvrt nastaju u času, kad je duljina središta ploče Mjesečeve za  $0^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $180^{\circ}$ ,  $270^{\circ}$  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  $180^{\circ}$ ; 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  $90^{\circ}$ .

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 dalji 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 elongaciji*.

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 *stacionaran*. 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 stacionaran te se poslije toga časa giba direktno, dok ne stigne u gornju konjunkciju i dovrši jedan t. zv. sinodički ophod.

**Zodijak.** Tako se zove pojas na nebeskoj kugli širok  $16^{\circ}$ , 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  $30^{\circ}$  duljine), te se po prastarom običaju zovu ti dijelovi: Ovan, Bik, Blizanci . . . . , Ribe; to su *znaci zodijaka*, Ovan, Bik, Blizanci

su proljetni znaci; Rak, Lav, Djevica ljetni znaci; Vaga, Štipavac, Strijelac jesenji, a Jarac, Vodnjak, Ribe zimski znaci. Radi precesije (vidi dalje) ne podudaraju se danas znaci zodijaka s istoimenim zvijezdima. *Znak* je Ovna na primjer danas u *zvijezdu Riba*; svaki znak se pomakao natrag, u zvijezde zapadno od njega.

**Precesija i nutacija.** Osnovne ravnine u koordinatnim sustavima ekvatorskom i ekliptičkom: nebeski ekvator i ekliptika nisu u prostoru nepomične, zato ni ekvatorske, ni ekliptičke koordinate nebeskoga tijela nisu 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 planetskih. 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 gibalo težište Zemlje, kad ne bi bilo perturbacije, imala za sva vremena nepromijenjen položaj u prostoru. — *Ravnina nebeskoga ekvatora* mijenja svoj položaj u tijeku vremena, jer privlačenje Sunca i Mjeseca na Zemlju, koja se vrti oko svoje osi a ima oblik sferoida, nastoji da umanji 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 navorana 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 odijele 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 nebeskoga 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. Presjecišta 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  $50^{\circ}26'$  godišnje i to u smislu protivnom od onoga, u kome se broje duljine, radi toga *rastu* duljine svih nebeskih tjelasa. Po nebeskom ekvatoru pomiče se proljetna točka na sličan način, samo godišnje otprilike za  $46^{\circ}09'$ . 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 umanji za  $5^s$ ), 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 nezatno). Tropska je godina radi veze s godišnjim dobama za čovjeka najvažnija, te je ona godina na kojoj se osniva kalendar.

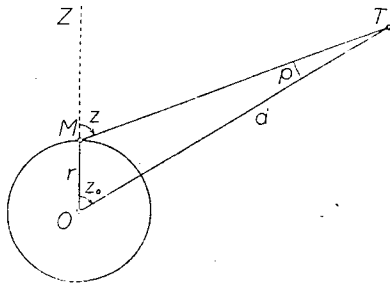
U astronomiji se upotrebljava još i *treća godina anomalistička*, t. j. vrijeme, što poprijeko proteče između dva prolaza Sunčeva perigejom, koji dolaze jedan za drugim (ili, što je isto, između dva prolaza Zemlje perihelom, koji dolaze jedan za drugim). Budući da se spojnica perigeja i apogeja Sunčeva u prividnoj ekliptičkoj stazi njegovoj oko Zemlje, t. zv. *pravac apsida*, 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 tjelasa.

Dok se srednja proljetna točka pomiče sekularno, oscilira prava proljetna točka oko pomične srednje, i to najviše za nekih  $17''$  na svaku stranu, a dovrši 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 tjelesa 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.



Sl. 4.

**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 različnim mjestima. Da se ta različna 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 gledanoga iz mjesta opažanja M je MT. Razlika obadva 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.

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 zemljskom 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  $57'2''70$  (Delanay-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 spojnica 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* njegovo (*prividna rektascenzija, duljina*); radi aberacije razlikuje se to mjesto od *pravoga mjesta* njegova.

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  $v. a. = 498 \cdot 5 \times D$ , 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 ekvinočija. 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 ekvinočija u tom času. Uklonivši iz njih nutaciju prelazi se na koordinate mjerene od srednjega ekvinočija u istom času, a uzevši u račun precesiju od toga časa do početka godine dobivaju se koordinate mjerene od srednjega ekvinočija na početku godine. Odatle se može lako prijeći na drugi koji srednji ekvinočij. 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 definirani satni kut neke točke na nebeskoj kugli, koji radi vrtnje Zemljine neprekidno raste od 0° do 360°.

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<sup>h</sup> zv. vr., kada je proljetna točka u meridijanu toga mjesta u gornjoj kulminaciji, 1<sup>h</sup> zv. vr., kad se vrtnjom kugle nebeske

pomakla proljetna točka 15° iz meridijana na zapad, ..., 23<sup>h</sup> zv. vr., kad je proljetna točka s istočne strane 15° udaljena od meridijana. Zvezdani dan, koji se počinje u času gornjega prolaza prave proljetne točke meridijanom mjesta (0<sup>h</sup> zv. vr.), ima 24 sata zv. vr. (24 × 60 minuta zv. vr., 24 × 60 × 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<sup>s</sup>05 na više ili na manje u vremenu od 18<sup>2</sup>/<sub>3</sub> 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<sup>h</sup> zv. vr.,  
sve zvijezde s  $\alpha = 1^h$  kulminiraju u svakom mjestu u 1<sup>h</sup> zv. vr.,

sv zvijezde s  $\alpha = 23^h$  kulminiraju u svakom mjestu u 23<sup>h</sup> zv. vr.,  
gdje se pod kulminacijom misli *gornja* kulminacija; donja se kulminacija događa 12<sup>h</sup> 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 zvezdano vrijeme u izvjesnom mjestu i u izvjesnom času,  $\alpha$  rektascenziju nebeskog tijela (zvijezde, Sunca, Mjeseca, i t. d.), a  $\tau$  satni kut njegov u isti čas. Za  $t = 0$  izlazi odatle gornja osobitost u času gornje kulminacije. Na njoj se osniva najjednostavnija metoda za određivanje vremena motrenjem prolaza zvijezde meridijanom mjesta. Ura zvezdanog 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. *Pravo 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* = 0<sup>h</sup> pr. vr.), ima 24 sata pr. vr. (24 × 60 minuta pr. vr., 24 × 60 × 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 s 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 × 60 minuta sr. vr., 24 × 60 × 60 sekunda sr. vr.).

**Gradansko vrijeme.** Tim se srednjim vremenom služimo u svakodanem životu. Gradanski 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 to 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 vremena to na vrijeme t (ili obratno) relacijom:

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

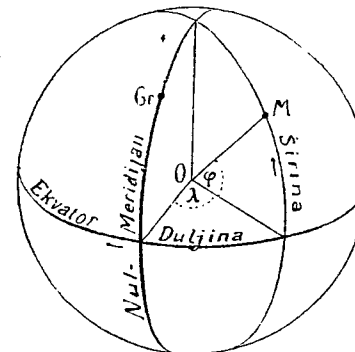
Ako se pri tome dobije (kod sr. vr. ili pr. vr.) više od 24h ili negativan broj sati, mijenja se datum za 1 dan na više ili manje. Na pr. Mart 3, 28h ili Mart 5, —20h znače isto što i Mart 4, 4h.

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 Quito ( $\lambda = +5^h 15^m 20^s$ )? Iz (b) izlazi za traženo vrijeme u Quito: 23. V. 6h 19m 6s.

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 greenwichko srednje vrijeme u isti čas? Iz (b) izlazi: 18. III. —3h 8m 18s = 17. III. 20h 51m 42s.

Prije uvođenja meridijana greenwichkog kao početnoga meridijana upotrebljavale su različne efemeride različne početne meridijane. Slijedeća

tablica daje najvažnije od tih meridijana i međusobni njihov odnošaj; predznak + znači, da je mjesto zapadno od dotičnoga početnog 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. Meridijan greenwichki (0h 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 središnjem meridijanu sektora, t. j. moraju pokazivati mjesno vrijeme središnjega meridijana u tome sektoru (zakonito 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 pokazuju mjesno vrijeme 15. meridijana istočno od Greenwicha ili t. zv. srednjeevropsko vrijeme, koje je za 1h 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 i 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 označavanje sati za 1<sup>h</sup> na više (ljetno vrijeme). U Sovjetskom Savezu vrijedi to cijele godine (dekretno vrijeme).

**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):

$$\begin{aligned} \text{zv. vr. u neki čas} &= \alpha \text{ pravoga Sunca} + \text{pr. vr. u taj čas,} \\ \text{zv. vr. u isti čas} &= \alpha \text{ srednjega Sunca} + \text{sr. vr. u taj čas,} \end{aligned}$$

to je:

$$\text{jednadžba vremena} = \alpha \text{ srednjega Sunca} - \alpha \text{ pravoga Sunca.}$$

Ako pravo Sunce prolazi meridijanom mjesta prije srednjeg Sunca, jednadžba vremena je +, ako poslije, ona je -. U godini 1951. ima jednadžba vremena najmanju vrijednost -14<sup>m</sup> 20<sup>s</sup> dne 12. II., najveću +16<sup>m</sup> 23<sup>s</sup> dne 4. XI. Četiri se puta podudara srednje vrijeme s pravim, t. j. jednadžba vremena je nula. U godini 1951. je to između 16. i 17. IV., 14. i 15. VI., 2. i 3. IX., te 25. i 26. XII. Oko 12. II. prolazi pravo Sunce meridijanom mjesta gotovo ¼<sup>h</sup> poslije srednjeg podneva, pa je u te dane poslije podne gotovo ½<sup>h</sup> dulje od prijepodneva, dok je oko 4. XI. poslije podne za više od ½<sup>h</sup> kraće od prijepodneva.

Prema tome je tijekom 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 (+) te raste do 15. maja; ostajući pozitivna pada opet do vrijednosti 0 (14.—15. juna), prelazi na negativne vrijednosti i pada do 27. jula; poslije toga raste ostajući negativna do vrijednosti 0 (2.—3. 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''33043 = 0°59'8''33043; ono izvrši potpun jedan ophod u ekvatoru, t. j. prođe puni kut od 360° (= 1 296 000'') od V do V u vremenu, koje se zove *tropska godina* i koje je jednako

$$\frac{1\ 296\ 000}{3548''33043} = \frac{1}{0''002\ 737\ 909} = 365.242\ 198\ 79 \text{ srednjih dana.}$$

Radi toga pomicanja srednjega Sunca u ekvatoru srednji je Sunčev dan za 3<sup>m</sup>56<sup>s</sup>55536 zv. vr. (= 3<sup>m</sup>55<sup>s</sup>90942 sr. vr. = 3548''33043) dulji

od zvjezdanoga dana, a za toliko <sup>m</sup> i <sup>s</sup> 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

$$\frac{24\text{h}}{3^m56^s55536}$$

= 365'242 198 79 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:

$$366'242\ 198\ 79 \text{ zvjezdanih dana} = 365'242\ 198\ 79 \text{ srednjih dana.}$$

Odavle izlazi:

$$1 \text{ zvjezdani dan} = \frac{365'242\ 198\ 79}{366'242\ 198\ 79} \text{ srednjega dana,}$$

ili

$$\begin{aligned} 1 \text{ zvjezdani dan} &= 0'997\ 269\ 567 \text{ srednjega dana,} \\ 1 \text{ srednji dan} &= 1'002\ 737\ 909 \text{ zvjezdanoga dana.} \end{aligned}$$

Isto u vremenu izraženo:

$$\begin{aligned} 24\text{h zv. vr.} &= 24\text{h sr. vr.} - 3^m55^s90942 \text{ sr. vr.} \\ 24\text{h sr. vr.} &= 24\text{h zv. vr.} + 3^m56^s55536 \text{ zv. vr.} \end{aligned}$$

Odavle:

$$\begin{aligned} 1\text{h zv. vr.} &= 1\text{h sr. vr.} - \frac{3^m55^s90942}{24} \text{ sr. vr.} \\ &= 1\text{h sr. vr.} - 9^s82956 \text{ sr. vr.} \\ 1\text{h sr. vr.} &= 1\text{h zv. vr.} + \frac{3^m56^s55536}{24} \text{ zv. vr.} \\ &= 1\text{h zv. vr.} + 9^s85647 \text{ zv. vr.} \end{aligned}$$

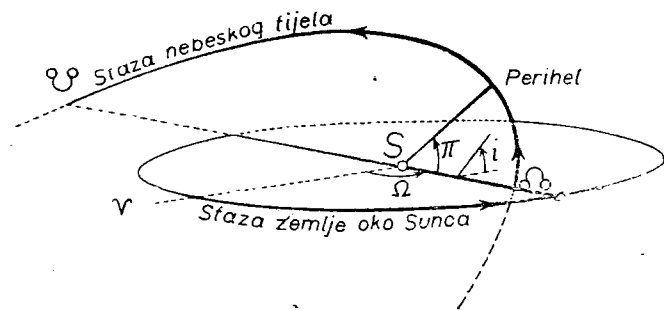
Ako se dakle mora izvjestan broj h m s zvjezdanoga vremena pretvoriti u srednje vrijeme, valja od broja h m s zvjezdanoga vremena za svaki sat zvjezdanoga vremena (a proporcionalno i za m i s prikazane kao decimalni dijelovi sata) oduzeti 9<sup>s</sup>83;

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<sup>s</sup>856.

**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 SUNČEVA SUSTAVA

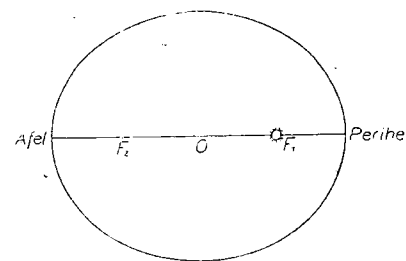
Za *planete* se može uzeti, da u svom gibanju oko Sunca opisuju elipse, kojima je Sunce u jednom žarištu; samo se veličine, koje određuju svaku od tih elipsa, s vremenom mijenjaju radi perturbacija, što ih na svako tijelo, koje se giba u prostoru, izvode druga svemirska tjelesa svojim privlačenjem. U 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 elemenat kazuje, kako je ta elipsa u svojoj ravnini zaokrenuta, a šesti elemenat 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.)



Sl. 6.

— *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 ispod ravnine ekliptike u prostor iznad nje, zove se *uzlazni čvor*, dok kod prelaza iz prostora iznad ravnine ekliptike u prostor ispod 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 spojnicu obaju čvorova s ekvinokcijalnim pravcem (sl. 6.); broji

se u ekliptici počevši od ekvinokcijalnog pravca od  $0^{\circ}$ — $360^{\circ}$  u smislu gibanja Zemlje; 2.  $i$  — *priklon ravnine staze* nebeskoga tijela spram ravnine ekliptike; definira se onako, kako geometrija definira priklon dviju ravnina, a broji se od ekliptike počevši od  $0^{\circ}$ — $180^{\circ}$ . Kut priklona definirao 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:



Sl. 7.

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 0 za  $365^{\text{d}}256\ 898$ ; 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 zbroj 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*. 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*  $n = 2\pi : T$ .

ELEMENTI STAZA SUNČEVA SUSTAVA

ZNAK I IME PLANETA	Srednja daljina od Sunca $a$		Siderična revolucija u tropskim godinama $T$	Ekscentri- citet $e$	Priklon prema ekliptici $i$	Duljina uzlaznog čvora $\Omega$	Duljina perihela $\pi$	Srednja duljina za 1950 <sup>0</sup> $L$	Promjena u 1 julijau. roditelj = 365 <sup>25</sup> d
	u astronom. jedinicama	u milijunima km							
	1950 <sup>0</sup>								
☿ MERKUR	0.387 099	57.80	0.24055	0.205 625	7° 00' 13.7"	47° 44' 19.1"	76° 40' 39.2"	36° 33' 33.9"	1494.7407
♀ VENERA	0.723 331	108.13	0.61351	0.008 797	3.23 38.9	76.13 46.6	130.52 03.5	83.02 23.5	585.1920
♁ ZEMLJA	1.000 000	149.50	1.00004	0.016 730	—	—	102.04 50.1	100.29 53.1	360.0077
♂ MARS	1.523 688	227.79	1.88089	0.093 359	1.51 0.0	49.10 19.1	335.08 19.1	144.48 33.4	191.4170
♃ JUPIITER	5.202 803	777.82	11.86223	0.048 418	1.18 21.2	99.56 48.5	13.31 06.3	316.11 39.5	30.3630
♄ SATURN	9.538 843	1 426.05	29.46772	0.055 715	2.29 25.1	113.13 14.4	92.01 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	98.16 18.2	4.2986
♆ NEPTUN	30.070 672	4495.57	164.78829	0.068 537	1.46 28.1	131.13 42.3	44.28 05.1	194.58 25.1	2.1989
♇ PL. PLUTON	39.457 13	5808.89	247.0968	0.248 5	17.09	109.38	223.31	165.37	1.47

PODACI O VELIKIM PLANETIMA

P L A N E T	Suo- dička revo- lucija u danima	Tra- janje rota- cije	Masa		Ekvatorski promjer		Spre- nos	Priklon ekva- tora prema stazi planeta	Sjereni albedo	Najveća pri- vidna veličina	Broj sate- lita
			Sunčeva masa = 1	Zemljina masa = 1	Zemlja = 1	Prividni Najveći Najma- nji					
MERKUR	$\frac{d}{115.88}$	88 (?)	$\frac{1}{6\ 120\ 000}$	0.054	4 800	0.38	$\frac{1}{5}$	?	0.07	$\frac{m}{-1.2}$	0
VENERA	583.92	225 (?)	$\frac{1}{408\ 645}$	0.814	12 200	0.96	10	?	0.59	-4.3	0
ZEMLJA	—	$\frac{h\ m\ s}{23\ 56\ 4}$	$\frac{1}{382\ 486\ 27}$	1.000	12 757	1.00	—	23.45	(0.45)	—	1
MARS	779.93	24 37 23	$\frac{1}{3\ 110\ 000}$	0.107	6 800	0.53	3.5	25.2	0.15	-2.8	2
JUPIITER	398.88	9.50	$\frac{1}{1047.35}$	318.4	142 700	11.19	31	3.1	0.44	-2.6	11
SATURN	378.09	10.14	$\frac{1}{3501.6}$	95.0	120 800	9.47	15	26.8	0.42	0.5	9
URAN	369.66	10.45	$\frac{1}{22\ 869}$	14.6	49 700	3.90	3.2	98	0.45	5.4	5
NEPTUN	367.48	15.40	$\frac{1}{19\ 314}$	17.2	44 600	3.49	(2.3)	29	0.52	7.6	2
PLUTON	366.74	?	$\frac{1}{(3\ 330\ 000)}$	(0.1)	5 700	0.44	(0.14)	?	0.17	14.2	?



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 radijima planeta	u tisućama km	Siderična	Sinodična			
Z E M L J A									
☾ Mjesec	—	—	60.27	384.403	27.32166	29.53059	0.0549	5° 8' 43" 3	3473.2
M A R S									
I Fobos	Hall 1877	m 11.0	2.77	9.4	0.31891	0.31906	0.017	27.48	(16)
II Dejmos	Hall 1877	11.5	6.95	23.6	1.26244	1.26476	0.003	27.41	(8)
J U P I T E R									
I Jo	Galilei 1610	5.5	5.01	422	1.76014	1.76986		(2.16)	3730
II Evropa	Galilei 1610	6.0	9.40	671	3.55118	3.55409		(2.51)	3150
III Ganimed.	Galilei 1610	5.1	14.99	1070	7.15455	7.16639		(2.33)	5340
IV Kalisto	Galilei 1610	6.3	26.36	1881	16.68899	16.75355		(2.36)	5030
V —	Barnard 1892	14.0	2.53	181	0.49818	0.49924		(2.00)	(160)?
VI —	Perrine 1904	14.7	160.46	11432	250.611	266.0	0.155	28.93	(160)?
VII —	Perrine 1905	17.5	164.46	11738	280.5	276.67	0.207	29.24	(104)?
VIII —	Melotte 1908	17	329.30	23503	738.9	631.3	0.38	149.2	(104)?
IX —	Nicholson 1914	18	351.00	25052	745	636	0.248	156.2	(32)?
X —	Nicholson 1938	19	164.46	11738	260.06	276.7	0.132	28.27	?
XI —	Nicholson 1938	10	330.40	23531	692.5	741.3	0.207	163.38	?

OZNAKA SATELITA	Otkriće	Prividna veličina	Daljina od planeta		Revolucija u danima		Ekscentri- citet staze	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	m 12.1	3.07	185.0	0.94242	0.94250	0.019	29.7	(640)
II Enceladus	Herschel 1789	11.6	3.94	238	1.37022	1.37039	0.0046	29.5	(800)
III Tethis	Cassini 1684	10.5	4.88	295	1.88780	1.88814	0.000	29.2	(1280)
IV Dione	Cassini 1684	10.7	6.24	377	2.73692	2.73819	0.002	28.5	(1120)
V Rea	Cassini 1672	10.0	8.72	527	4.51750	4.51940	0.001	28.2	(1760)
VI Titan	Huyghens 1655	8.3	20.22	1221	15.94542	15.96904	0.029	27.7	4160
VII Hiperion	Bond 1848	15.0	24.40	1479	21.27682	21.3188	0.120	27.6	(480)
VIII Japet	Cassini 1671	11.0	58.01	3558	79.33015	79.920	0.028	18.1	(1000)
IX Febe	Pickering 1898	14.5	214.4	12950	350.48	523.7	0.166	174.1	(320)
X Temis*	Pickering 1904*	*	*	*	*	*	*	*	*
U R A N									
I Ariel	Lassell 1851	16	7.71	192	2.52038	2.52060	0	98.6	(990)
II Umbriel	Lassell 1851	16.5	10.75	267	4.14418	4.14473	0	98.6	(640)
III Titania	Herschel 1787	14.0	17.63	438	8.70587	8.70533	0	98.6	(1600)
IV Oberon	Herschel 1787	14.3	23.57	586	13.46324	13.46917	0	98.6	(1440)
V Miranda	Kuiper 1948	(17.5)	(3.2)	(130)	(1.41389)	—	(0)	(98)	?
N E P T U N									
I Triton	Lassell 1846	13.6	15.83	353	5.87683	5.87740	—	133.6	(4800)
II Nereid	Kuiper 1949	—	—	82000	—	—	—	—	—

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

## ASTRONOMSKE KONSTANTE I PODACI

### I. Astronomske konstante\*)

	d	d	
Dužina godine: Tropska godina . . .	365 242 198 79	—	0'0000000614 · t
Siderična godina . . .	365 256 360 42	+	0'000000011 · t
Anomalistička godina . . .	365 259 641 34	+	0'0000000304 · t
Julijanska godina . . .	365 25		
	d	d	h m s
Dužina mjeseca: Tropski mjesec . . .	27 321 581 6	=	27 7 43 4 61
Siderični mjesec . . .	27 321 660 9	=	27 7 43 11 51
Anomalistički mjesec . . .	27 554 550 2	=	27 13 18 33 16
Drakonički mjesec . . .	27 212 217 8	=	27 5 5 35 80
Sinodični mjesec . . .	29 530 588 1	=	29 12 44 2 78

Dužina dana: zvjezdani dan . . .	24h 00m 00s0	zvjezdanog vremena
	23h 56m 04s0906	srednjeg vremena
	0d99726 9567	srednjih dana
srednji dan . . .	24h 03m 56s5553	zvjezdanog vremena
	24h 00m 00s0	srednjeg vremena
	1d00273 7909	zvjezdanih dana

U julijanskoj godini: U tropskoj godini: U danu:

Broj satova . . .	8 766	8 765 813	24
Broj minuta . . .	525 960	525 948 77	1 440
Broj sekunda . . .	31 557 600	31 556 926 0	86 400

#### Opće konstante:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Gaussova konstanta } k = 0'017202099 \\ \text{gravitacije } k'' = 3548'18761 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \log k = 8'23558 14414-10 \\ \log k'' = 3'55000 65746 \end{array}$$

Konstanta gravitacije po astronomskim mjerenjima . . . . . 6'670'70<sup>-8</sup> c.g.s.

Brzina svijetla po astronomskim mjerenjima . . . . . 299 860 ± 30 km · sec<sup>-1</sup>

Konstanta aberacije . . . . . 20''47

Aberaciono vrijeme . . . . . 498 57

Opća precesija . . . . . 50''25641 + 0''00022229 · t

Precesija u rektascenziji . . . . . 46''08506 + 0''00027945 · t  
 = 3'07234 + 0'0000186 · t

Precesija u deklinaciji . . . . . 20''04685 — 0''00008533 · t

Konstanta nutacije . . . . . 9''210

Priklon ekvatora i ekliptike . . . . . ε = 23 27 8''26 — 0''46844 · t

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

### 2. Astronomske podaci o Suncu

Prividni promjer: najmanji . . . . .	31' 27"
srednji . . . . .	31' 59''26
najveći . . . . .	32' 32"
Pravi promjer: u linearnoj mjeri . . . . .	1 391 106 km
u Zemljinim promjerima . . . . .	109 04
Površina: u Zemljinim površinama . . . . .	11 900
Obujam: u Zemljinim obujmovima . . . . .	1 300 000
Masa: u gramima . . . . .	1'98.10 <sup>33</sup> g
u Zemljinim masama . . . . .	333432
Srednja gustoća: prema vodi . . . . .	1 41
prema gustoći Zemlje . . . . .	0 256
Teža na ekvatoru: prema teži na ekvatoru Zemlje . . . . .	28
Akceleracija prostog pada . . . . .	273 8 m sec <sup>-2</sup>
Trajanje rotacije na ekvatoru . . . . .	25 d 438
Priklon ekvatora prema ekliptici . . . . .	7° 10' 5
Duljina uzlaznog čvora Sunčeva ekvatora prema ekliptici . . . . .	73° 48' 37 5
Horizontalna ekvatorska paralaksa Sunca . . . . .	8''80
Srednji period Sunčevih pjega . . . . .	11 1 godina
Prividna (zvjezdana) veličina Sunca . . . . .	— 26 m 7
Apsolutna (zvjezdana) veličina Sunca . . . . .	+ 4 m 85

### 3. Astronomske podaci o Zemlji

Oblik: Ekvatorski polumjer . . . . . a = 6378 3880 km  
 Polarni polumjer . . . . . b = 6356 9120 km

Sploštenost  $c = \frac{a-b}{a}$  . . . . .  $c = \frac{1}{297 0}$

Logaritam polumjera . . . . .  $\log \frac{r}{a} =$   
 = 9'9992695 + 0'0007324 cos 2 φ — 0'0000019 · cos 4 φ

Redukcija geografske na geocentričnu širinu . . . . .  
 $\varphi' - \varphi = - 11'35''66 \sin 2 \varphi + 1''17 \sin 4 \varphi$

Duljina luka 1° geografske širine . . . . . 111'136 — 0'562 cos 2 φ km  
 Duljina luka 1° geografske duljine . . . . . 111'417 cos — 0'094 cos 3 φ km

#### Veličina i masa:

Ekvatorski opseg Zemlje . . . . .	40 076 594 km
Četvrtina duljine meridijana . . . . .	10 002 288 km
Površina Zemlje . . . . .	510 101 000 km <sup>2</sup>
Obujam Zemlje . . . . .	1 083 320 000 000 km <sup>3</sup>
Polumjer kugle iste površine i obujma kao Zemlja . . . . .	6371 2 km
Masa, Zemlje . . . . .	5 98.10 <sup>27</sup> g
Srednja gustoća prema vodi . . . . .	5 517
Akceleracija sile teže na razini mora g = 978'0490 + 5'1723 sin <sup>2</sup> φ	
Duljina sekundnog njihala na moru (vakuum) . . . . .	l = 0'99097 + 0'00525 sin <sup>2</sup> φ

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 Zemljinim promjerima . . . . .	0'272274
Površina: u Zemljinim površinama . . . . .	0'07429=1/13'46
Obujam: u Zemljinim obujmovima . . . . .	0'02025=1/49'38
Masa: u Zemljinim 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 . . . . .	3232'46
Siderično ophodno vrijeme čvorova Mjesečevih . . . . .	6793'45
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

GLAVNI ROJEVI METEORA

Ime roja	Doba godine	Radijant			Veza sa kometom
		Rektascenzija	Deklinacija	Bliska zvijezda	
Bootidi	2-3 jan.	h m 15 20	+ 53	β Boot	—
Liridi	15-25 apr.	18 20	+ 35	α 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	Giacobini-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	—

ELEMENTI STAZA PERIODIČKIH KOMETA

Red. br.	IME KOMETA	Siderična revo- lucija u god. $T$	Ekscen- tricitet $e$	Prilikon prema ekliptici $i$	Duljina uzlaznog čvora $\Omega$	Duljina perihela $\pi$	Ekvinok- cij (epoha)	Daljina u astr. jed.		Godina otkrića
								Perihel	Afel	
1	Encke	3.2886	0.850	12.547	334.691	184.948	1837.0	0.332	4.050	1786
2	Grigg-Skjellerup	5.0372	0.691	17.466	215.566	355.295	1837.0	0.308	4.969	1902
3	Tempel II	5.1674	0.559	12.776	120.352	186.589	1930.0	1.318	4.060	1873
4	Neujmin II	5.4295	0.567	10.629	327.653	193.721	1930.0	1.338	4.840	1916
5	Brorsen I	5.4630	0.810	20.386	101.317	14.918	1880.0	0.590	5.614	1846
6	Tempel III	5.6807	0.638	5.443	290.311	113.688	1910.0	1.153	5.214	1869
7	De Vico-E. Swift	5.8551	0.572	2.906	48.806	296.580	1900.0	1.292	5.105	1878
8	Tempel I	5.9822	0.463	9.768	78.766	159.493	1879.0	1.771	4.830	1867
9	Pons-Winnecke	6.0907	0.670	20.140	96.806	160.237	1950.0	1.102	5.568	1819
10	Schwassmann-Wachmann II	6.4354	0.395	8.706	126.090	357.992	1934.0	2.095	4.825	1929
11	Perrino I	6.4543	0.662	15.676	242.294	166.861	1909.0	1.173	5.761	1895
12	Kopff	6.5559	0.519	8.706	263.990	19.815	1939.0	1.085	5.321	1906
13	Giacobini-Zinner	6.0029	0.716	30.698	195.970	171.808	1933.0	1.000	6.040	1909
14	Biela (1)	6.6208	0.756	12.555	245.857	223.281	1852.0	0.861	6.191	1772
15	Biela (2)	6.6137	0.756	12.555	245.858	223.281	1852.0	0.861	6.190	1846

Red. br.	IME KOMETA	Siderična revo- lucija u god. $T$	Ekscen- tricitet $e$	Prilikon prema ekliptici $i$	Duljina uzlaznog čvora $\Omega$	Duljina perihela $\pi$	Ekvinok- cij (epoha)	Daljina u astr. jed.		Godina otkrića
								Perihel	Afel	
16	D'Arrest	6.6348	0.616	18.065	143.328	174.025	1925.0	1.356	5.706	1851
17	Daniel	6.8245	0.373	19.825	70.311	6.011	1937.0	1.536	5.659	1909
18	Finlay	6.8510	0.706	3.433	45.300	320.580	1926.0	1.050	6.156	1886
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	352.553	1932.0	1.385	5.846	1905
21	Brooks II	6.9488	0.486	5.546	177.711	195.664	1950.0	1.872	5.409	1889
22	Reinmuth	7.2402	0.504	8.067	124.956	8.779	1936.0	1.858	5.627	1928
23	Faye	7.3213	0.371	10.602	206.225	199.862	1932.0	1.617	5.924	1843
24	Schaumasse	7.9545	0.706	14.719	90.604	46.005	1927.0	1.172	6.798	1911
25	Wolf I	8.3290	0.404	27.264	204.185	160.815	1934.0	2.450	5.768	1884
26	Comas Sola	8.5397	0.375	13.722	65.708	38.786	1950.0	1.777	6.579	1927
27	Gale	10.9929	0.761	11.725	67.256	209.113	1950.0	1.183	8.705	1927
28	Tuttle I	13.6060	0.821	54.654	269.848	209.961	1950.0	1.022	10.376	1790
29	Schwassmann-Wachmann I	16.4614	0.149	9.425	323.732	356.949	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	28.807	250.066	195.875	1928.0	0.745	17.653	1818
32	Tempel IV	33.1758	0.905	102.609	231.434	170.966	1866.0	0.977	19.670	1366
33	Westphal	61.7303	0.920	40.868	316.700	57.063	1913.0	1.251	29.985	1882
34	Brorsen II-Metcalf	69.0604	0.971	19.193	190.821	129.516	1925.0	0.485	33.180	1847
35	Pons-Brooks	71.5630	0.955	74.043	254.095	199.103	1880.0	0.776	33.698	1812
36	Oibers	72.0516	0.931	44.571	84.539	65.336	1890.0	1.199	33.624	1815
37	Halley	76.0288	0.907	162.212	57.270	111.704	1910.0	0.587	35.303	467

## UPOTREBA EFEMERIDA

Osnovni meridijan u efemeridama je meridijan Greenwicha. Vrijeme, ako nije izričito 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 Greenwichu), 12h = srednje podne (u Greenwichu).

### 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 1951. u 14h 27m 35s0 = 14h45972 srednjeg vremena zagrebačkog ( $\lambda = 1^{\text{h}}06556$ ).

U Greenwichu je u istom času 14h45972 — 1'06556 = 13h39416 sr. vr. i za taj čas treba naći rektascenziju Sunca.

Imamo: 16. VI. 1951. u 0h svj. vr. rekt. Sunca = 5h 34m 07s0

17. VI. 1951. u 0h svj. vr. rekt. Sunca = 5h 38m 16s3  
4m 09s3

Za 24h sr. vr. naraste dakle rektascenzija Sunca za 4m 09s3, a za 13h39416 naraste za (4m 09s : 24) × 13'39416 = 2m 19s1.

Dodavši (jer rektascenzija raste) taj iznos rektascenziji od 16. VI. u 0h, dobije se tražena rektascenzija: 5h 36m 26s1.

2) Neka se nađe prividna deklinacija središta Sunca dne 22. februara 1951. u 9h 0m 0s sr. vr. u mjestu geografske duljine  $\lambda = +7^{\text{h}}30^{\text{m}} = +7^{\text{h}}5$ .

U Greenwichu je u istom času 9h0 + 7h5 = 16h5 sr. vr. i za taj čas treba naći deklinaciju Sunca.

22. II. 1951. u 0h svj. vr. je deklinacija Sunca = — 10° 34' 07"

23. II. 1951. u 0h svj. vr. je deklinacija Sunca = — 10° 12' 20"

21' 47"

Za 24h naraste dakle deklinacija Sunca za 21' 47", a za 16h5 naraste za (21' 47" : 24) × 16'5 = 14' 59".

Dodavši (jer ovdje deklinacija raste) taj iznos deklinaciji od 22. II. u 0h, dobije se tražena deklinacija: — 10° 19' 08".

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 1951'0. 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 0h 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 srednje mjesno vrijeme dne 10. X. 1951. u 6h 45m 04s4 zvjezdanog vremena u Zagrebu (geografska duljina  $\lambda = -1^{\text{h}}03^{\text{m}}56^{\text{s}}0$ )?

	h	m	s
10. X. 1951. zvjezdano vrijeme u Zagrebu . . . . .	6	45	04.4
Prijelaz na meridijan Greenwicha . . . . .	—1	03	56.0
Zvjezdano vrijeme u Greenwichu u tom času . . . . .	5	41	08.4
Zvjezdano vrijeme u Greenwichu pr. ponoći . . . . .	1	11	09.8 (efemeride!)
Zvjezdano vrijeme proteklo od ponoći . . . . .	4	29	58.6
Ekvivalentno srednje vrijeme u Greenwichu . . . . .	4	29	14.4 (tablice!)
Prijelaz na meridijan Zagreba . . . . .	+1	03	56.6 dne
Traženo srednje vrijeme u Zagrebu . . . . .	5	33	10.4 10. X. 1951.

2) Koliko je zvjezdano vrijeme u Zagrebu dne 10. X. 1951. u 5h 33m 10s4 srednjeg (mjesnog) vremena u Zagrebu (geografska duljina  $\lambda = -1^{\text{h}}03^{\text{m}}56^{\text{s}}0$ )?

	h	m	s
10. X. 1951. srednje vrijeme u Zagrebu . . . . .	5	33	10.4
Prijelaz na meridijan Greenwicha . . . . .	—1	03	56.0
Srednje vrijeme u Greenwichu u tom času . . . . .	4	29	14.4
Ekvivalent. zvjezdano vrijeme u Greenwichu . . . . .	4	29	58.6
Zvjezdano vrijeme u Greenwichu prošle ponoći . . . . .	1	11	09.8
Zvjezdano vrijeme u Greenwichu u zadani čas . . . . .	5	41	08.4
Prijelaz na meridijan Zagreb . . . . .	+1	03	56.0 dne
Traženo zvjezdano vrijeme u Zagrebu . . . . .	6	45	04.4 10. X. 1951.

5. U šestom stupcu dolazi jednadžba vremena, koja pokazuje, koliko je minuta i sekunda pravoga vremena u srednju ponoć Greenwicha (0h svjetskog vremena). Na pr. 16. januara., kad je jednadžba vremena u 0h svj. vr. —9m27s9, bit će prava ponoć u Greenwichu 9m27s9 poslije srednje ponoći, t. j. pravo će Sunce proći ispod horizonta meridijanom Greenwicha poslije srednjeg Sunca. Ili 15. septembra, kad je jednadžba vremena u 0h svj. vr. +3m23s0, bila je prava ponoć u Greenwichu 3m23s0 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. 1951. u 17<sup>h</sup> 23<sup>m</sup> 46<sup>s</sup>0 srednjeg vremena? 17<sup>h</sup> 23<sup>m</sup> 46<sup>s</sup>0 sr. vr. u Zagrebu je = 17<sup>h</sup>39<sup>m</sup>11<sup>s</sup> — 1<sup>h</sup>06<sup>m</sup>55<sup>s</sup>6 = = 16<sup>h</sup>33<sup>m</sup>05<sup>s</sup> sr. vr. Greenwicha u tom času, za koji treba naći jednadžbu vremena na dan 16. I. 1951.:

	h	m	s
Jednadžba vremena 16. I. 1951. u 0 <sup>h</sup> svj. vr. . . . .	—0	9	27.9
Jednadžba vremena 17. I. 1951. u 0 <sup>h</sup> svj. vr. . . . .	—0	9	48.7
Prirast za 24 <sup>h</sup> sr. vr. . . . .	—	20	8
Prirast za 16 <sup>h</sup> 33 sr. vr. . . . .	—	14	2
Jednadžba vr. u traženi čas: —9 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> 9 — 14 <sup>s</sup> 2	—	9	42.1
Srednje vrijeme u traženi čas . . . . .	17	23	46.0
Traženo pravo vrijeme . . . . .	17	14	03.9

2) Iz opažanja pravog Sunca nađeno je 15. IX. 1951. u mjestu geografske duljine  $\lambda = +2^{\text{h}} 0^{\text{m}} 0^{\text{s}}0$  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 (6<sup>h</sup>37<sup>m</sup>05<sup>s</sup>6), je u Greenwichu 6<sup>h</sup>37<sup>m</sup>05<sup>s</sup>6 + 2<sup>h</sup>0 = 8<sup>h</sup>37<sup>m</sup>05<sup>s</sup>6 pravog vremena 15. IX. 1951., za koji čas treba naći jednadžbu vremena.

Jednadžba vremena u 0 <sup>h</sup> svj. vr. 15. IX. 1951. . . . .	+0	4	23.0
Jednadžba vremena u 0 <sup>h</sup> svj. vr. 16. IX. 1951. . . . .	+0	4	44.4
Prirast za 24 <sup>h</sup> sr. vr. . . . .	+	21	4
Prirast za 8 <sup>h</sup> 37 . . . . .	+	7	5
Jednadžba vremena u traženi čas: 4 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup> 0 + 7 <sup>s</sup> 5	+	4	30.5
Pravo vrijeme u traženi čas . . . . .	6	22	14.0
Traženo srednje mjesno vrijeme . . . . .	6	17	43.5

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>23<sup>s</sup>0 = 0<sup>m</sup>40<sup>s</sup>3 promjena jednadžbe vremena je  $21.4 \times 0.003 = 0.064$ ; 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 izlazi u Bjelovaru Sunce dne 29. XI. 1951.? Geografska širina Bjelovara je  $\varphi = 45^{\circ} 53' 56'' \approx 45^{\circ} 48' 58''$ , što je širina

Zagreba (okruglo 46°). Razlika srednje-evropskog i mjesnog vremena u Bjelovaru je —7<sup>m</sup>23<sup>s</sup>2, u Zagrebu —3<sup>m</sup>56<sup>s</sup>0; dakle je Bjelovar za 3<sup>m</sup> 27<sup>s</sup>2 istočnije od Zagreba, i za toliko ranije u njemu Sunce izlazi: 7<sup>h</sup> 14<sup>m</sup> — 3<sup>m</sup>45<sup>s</sup>  $\approx$  7<sup>h</sup> 11<sup>m</sup>.

Za mjesta sa geografskom širinom različnom od 46° mijenjaju se mjesna vremena izlaza i zalaza Sunca, no u krajnjem slučaju na sjevernoj granici naše države do 8<sup>m</sup>, na južnoj do 13<sup>m</sup>. 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):

- a) Horizontalna ekvatorska paralaksa Sunca u 0<sup>h</sup> svj. vr.
- b) Duljina Sunca od Zemlje u 0<sup>h</sup> svj. vr., ili radijvektor središta Sunca, izražen u astronomskim jedinicama (= 149 500 000 km).
- c) Prividni polumjer Sunca u 0<sup>h</sup> svj. vr., pomoću kojeg se opažanja ruba Sunca svode na središte Sunca.
- d) Precesija u duljini u 0<sup>h</sup> svj. vr., t. j. broj sekunda, koje treba dodati duljini točke na ekliptici mjerenoj od srednje proljetne točke u kojem god drugom času godine.
- e) Nutacija u duljini u 0<sup>h</sup> svj. vr., t. j. broj sekunda, koje treba dodati algebarski duljinama mjeranim od srednje proljetne točke u izvjesnom času, da se dobiju duljine mjerene od prave proljetne točke u tom času.
- f) Aberacija Sunca u 0<sup>h</sup> 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<sup>h</sup> svj. vr. dne 11. IV. 1951., ako duljina Sunca u tom času, mjerena od srednje proljetne točke za 1951<sup>0</sup> iznosi 20° 17' 25".8.

Zadana duljina Sunca . . . . .	20	17	25.8
precesija . . . . .	+	13	7
nutacija . . . . .	+	3	0
abercija . . . . .	—	20	4
Tražena prividna duljina Sunca . . . . .	20	17	22.1

## NA DESNOJ (NEPARNOJ) STRANI U SVAKOM MJESECU

Na tim stranama dane su efemeride Mjeseca i velikih planeta:

1. Datum u mjesecu, u prvom stupcu.
2. 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 astronomskim 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.

3. U četvrtom stupcu navedeno je svjetsko vrijeme u času gornje kulminacije središta Mjesečeve ploče. Horizontalni potez u pojedini dan na pr. (22. IV. 1951.) 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 nek h 50<sup>m</sup>. Vrijeme kulminacije Mjeseca važno je kod određivanja plime i oseke.

4. U petom stupcu je promjena za 1<sup>h</sup> 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<sup>h</sup> duljine i produkt se oduzme od vremena gornje kulminacije u Greenwichu, ako je duljina istočna od Greenwicha, a pribroji ako je zapadna.

*Primjer:* Neka se nađe vrijeme gornje kulminacije središta Mjesečeve ploče u Zagrebu ( $\lambda = -1^{\text{h}}066$ ) dne 15. III. 1951.

15. III. 1951. kulminacija u Greenwichu . . . . .	18 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> 1
Promjene za 1 <sup>h</sup> zapadne duljine . . . . .	2 <sup>m</sup> 16
Korekcija za Zagreb: 2 <sup>m</sup> 16 $\times$ (-1 <sup>h</sup> 066) . . . . .	— 2 <sup>m</sup> 3
15. III. 1951. kulminacija u Zagrebu . . . . .	18 <sup>h</sup> 2 <sup>m</sup> 8

5. Šesti stupac sadrži starost Mjeseca u 0<sup>h</sup> svj. vr. t. j. vrijeme proteklo od mlada, izraženo u danima i decimalnim dijelovima dana.

6. Preostali stupci donose za svakih 10 dana u mjesecu efemeride velikih planeta, i to: geocentričke koordinate, daljinu od Zemlje u astronomskim jedinicama, prividni polumjer planeta gledan sa Zemlje, te vrijeme kulminacije planeta u Greenwichu po srednjem vremenu. Pomoću ovog posljednjeg podatka i tablice poludnevnihi lukova (str. 127) u V. dijelu mogu se naći približna vremena izlaza i zalaza planeta za ma koje mjesto i doba godine.

Ispod crte nalaze se slijedeći podaci:

- a) Mijene Mjeseca u srednje-evropskom vremenu,
- b) 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<sup>h</sup> 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, Lo = 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.

Ovaj se dio završava podacima 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 dorični mjesec 1. u 21 sat, ili 15. u 20 sati ili 30. u 19 s.

## IV. ZVIJEZDE

POPIS ZVIJEŽDA				
(* označuje zvijezde na južnoj hemisferi neba)				
Red. br.	Ime zvijezda		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	Arae
7	Aries	Ovan	Ari	Arie
8	Auriga	Kočijaš	Aur	Auri
9	Bootes	Volar	Boo	Boot
*10	Caelum	Motika	Cae	Cael
11	Camelopardalis	Žirafa	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	CrA	CorA
27	Corona Borealis	Sjeverna Kruna	CrB	CorB
*28	Corvus	Gavran	Orv	Corv
*29	Crater	Vrč	Crt	Crat
*30	Cruce	Križ (južni)	Cru	Cruc
31	Cygnus	Labud	Cygn	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)	Hyi	Hydi
*44	Indus	Indijska ptica	Ind	Indi

POPIS ZVIJEŽDA				
Red. br.	Ime zvijezda		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	Ris	Lynx	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	Zmijonošac	Oph	Ophi
60	Orion	Orion	Ori	Orio
*61	Pavo	Paun	Pav	Pavo
62	Pegasus	Pegaz	Peg	Pegs
63	Perseus	Perzej	Per	Pers
*64	Phoenix	Feniks	Phe	Phoe
*65	Pictor	Slikar	Pic	Pisc
66	Pisces	Ribe	Psc	Pict
*67	Piscis Austrinus	Južna riba	PscA	PscA
*68	Puppis	Kрма (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



**NAJBЛИЗЕ ZVIJEZDE**  
do daljine 5 parseka (oko 1 mil. astr. jed.)

Red. br.	Oznaka zvijezde	Položaj 1900 <sup>0</sup>		Velicina		Apsolutni sjaj $\odot = 1$	Spekt. tip	Paralaksa	Daljina god. svjet. gibanje	Napomena
		Rektas. cenzija	Dekli. nacija	Pri. vidna	Apsolutna					
1	Proxima Centauri	h m	'	m	M	0.00006	M	" 0.762 ± 5	4.27	3.85
2	α Centauri A	14 22.8	-62 15	11	+15.4	0.00006	Go	0.756 7	4.30	3.70
3	α Centauri B	14 32.8	-60 25	0.3	+ 4.7	1.15	K5	0.756 7	4.30	3.70
4	Barnard = CO 1069	14 32.8	-60 25	1.7	+ 6.1	0.32	Mb	0.545 3	5.93	10.30
5	Luyten 780-6	17 52.9	+ 4 25	9.7	+13.4	0.00038	—	0.53	6.15	3.27
6	Luyten 720-8 A	22 30.0	-15 42	14.3	+18	0.0000055	dM6e	0.41 3	7.95	3.35
7	Luyten 720-8 B	1 34.0	-18 28	12.5	+15.6	0.00003	*dM6e	0.41 3	7.95	3.35
8	Wolf 359 = OC 690	1 34.0	-18 28	13.0	+16.1	0.00001	M6e	0.403 10	8.98	4.67
9	Lalande 21185	10 51.6	+ 7 37	13.5	+16.5	0.000022	Mb	0.388 6	8.40	4.78
10	α CMaj A = Sirius A	10 57.9	+36 38	7.6	+10.5	0.0055	A0	0.373 2	8.73	1.32
11	α CMaj B = Sirius B	6 40.7	-16 35	-1.6	+ 1.2	28.9	F5	0.373 2	8.73	1.32
12	Ross 154	6 40.7	-16 35	7.1	+ 9.9	0.0006	M4e	0.350 6	9.3	0.68
13	Innes = OC 624	—	—	10.7	+13.7	0.00033	—	0.340 20	9.59	2.60
14	OC 1445 = Ross 248	11 12.0	-57 2	12	+14.7	0.00011	M6	0.314 7	10.35	1.82
15	ε Eridani = PGO 814	23 37.0	+43 39	12	+15	0.000087	K0	0.305 7	10.08	0.97
16	61 Cygni A	3 28.0	- 9 48	3.8	+ 6.2	0.29	K5	0.299 3	10.88	5.22
17	61 Cygni B	21 2.4	+38 15	5.6	+ 8.0	0.055	M0	0.299 3	10.88	5.22
18	τ Ceti = PGC 391	21 2.4	+38 15	6.3	+ 8.7	0.029	K0	0.298 6	10.94	1.92
19	α CMin A = Procyon A	1 39.4	-10 28	3.0	+ 6.0	0.35	F5	0.291 4	11.20	1.25
20	α CMin B = Procyon B	7 34.1	+ 5 29	0.5	+ 2.8	6.6	F	0.291 4	11.20	1.25
21	ε Indi = PGO 5654	7 34.1	+ 5 29	14	+16.3	0.00026	K5	0.288 6	11.27	4.67
22	Groombridge 34 A = { Cin	21 55.7	-57 12	4.7	+ 7.0	0.14	M4	0.284 5	11.42	2.91
23	Groombridge 34 B = { 25	0 12.7	+43 27	8.1	+10.4	0.0050	M5	0.284 5	11.42	2.91

Red. br.	Oznaka zvijezde	Položaj 1900 <sup>0</sup>		Velicina		Apsolutni sjaj $\odot = 1$	Spekt. tip	Paralaksa	Daljina god. svjet. gibanje	Napomena
		Rektas. cenzija	Dekli. nacija	Pri. vidna	Apsolutna					
24	Σ 2308 A = Cin 2456 A	18 41.7	+59 29	8.8	+11.0	0.0035	M5	" 0.282 4	11.53	} d = 17"
25	Σ 2308 B = Cin 2456 B	18 41.7	+59 29	9.2	+11.4	0.0024	(M5)	0.282 4	11.53	
26	Lacaille 9352 = Cin 3014	22 59.4	-36 26	7.4	+ 9.7	0.011	Map	0.278 6	11.66	6.87
27	Luyten = BD+5° 1068	7 22.4	+ 5 32	11.5	+13.6	0.00032	—	0.268 10	12.16	3.76
28	Kapteyn = Cin 675	5 7.7	-44 59	9.2	+11.3	0.0026	K2	0.262 6	12.44	8.79
29	Ross 614 = OC 390	6 24.3	- 2 44	11.0	+13.0	0.00055	—	0.258 8	12.44	0.97
30	Lacaille 8760	21 11.4	-39 15	6.6	+ 8.6	0.032	Map	0.257 7	12.68	3.46
31	Krüger 60 A	22 24.4	+57 12	9.3	+11.3	0.0026	Mb	0.256 4	12.73	0.87
32	Krüger 60 B	22 24.4	+57 12	10.8	+12.8	0.00066	M4	0.256 4	12.73	0.87
33	BD -12°4523 = OC 995	16 24.7	-12 25	9.5	+11.5	0.0022	Mb	0.255 5	12.76	1.24
34	Van Maanen = OC 58	0 43.9	+ 4 55	12.3	+14.2	0.00018	F0	0.243 6	13.42	2.98
35	Ross 780 = OC 1387	22 47.9	-14 47	9.5	+11.3	0.0026	—	0.231 12	14.11	1.12
36	CD -46° 11540 = OC 1038	17 21.1	-46 47	9.4	+11.1	0.0029	—	0.225 6	14.49	1.15
37	CD -3° 1649 = Cin 3161	23 59.5	-37 51	8.3	+10.0	0.0087	K5	0.222 7	14.68	6.09
38	Groombridge 1618 = Cin 1218	10 5.3	+49 58	6.8	+ 8.3	0.035	K5p	0.218 8	14.95	1.45
39	BD +68° 946 = Cin 2354	17 37.0	+68 26	9.2	+10.8	0.0042	Mb	0.212 5	15.38	1.31
40	CD -44° 11909 = OC 1046	17 29.8	-44 14	10.0	+11.0	0.0020	—	0.210 5	15.52	1.11
41	α Aquilae = Altair	19 45.9	+ 8 36	0.9	+ 2.5	8.7	A5	0.207 5	15.75	0.66
42	BD +43° 4305 = OC 1382	22 42.5	+43 40	10.2	+11.8	0.0017	M5e	0.207 7	15.75	0.64
43	CD -49° 13515 = OC 1290	21 26.9	-40 26	8.6	+10.2	0.0072	Ma	0.207 10	15.75	0.78
44	o <sup>2</sup> Eridani A	4 10.7	- 7 49	4.5	+ 6.0	0.35	G5	0.202 3	16.14	4.08
45	o <sup>2</sup> Eridani B	4 10.7	- 7 49	9.2	+10.7	0.0046	A	0.202 3	16.14	4.08
46	o <sup>2</sup> Eridani C	4 10.7	- 7 49	11.0	+12.5	0.00087	M6e	0.202 3	16.14	4.08

PETNAEST NAJSJAJNIJIH ZVIJEZDA

(do  $-30^\circ$  južne deklinacije)

Red. br.	I M E	Oznaka	Veličina		Apsolutni sjaj $\odot = 1$	Paralaksaksa	Udaljenost u god. svjetlosti	Vlaštito gibanje	B r z i n a km/sec		Spektr. tip
			Prividna	Apsolutna					trans.	rad. prost.	
1	Sirius	$\alpha$ CMaj	m -1 <sup>m</sup> 58	M +1 <sup>m</sup> 3	29	0 <sup>m</sup> 373	8 <sup>m</sup> 7	1 <sup>m</sup> 320	17	- 8	A0
2	Vega	$\alpha$ Lyræ	+ 0 <sup>m</sup> 14	+ 0 <sup>m</sup> 5	33	0 <sup>m</sup> 122	26 <sup>m</sup> 9	0 <sup>m</sup> 345	13	-14	A0
3	Capella	$\alpha$ Auri	0 <sup>m</sup> 21	- 0 <sup>m</sup> 5	142	0 <sup>m</sup> 071	45 <sup>m</sup> 9	0 <sup>m</sup> 439	29	+30	G0
4	Arcturus	$\alpha$ Boot	0 <sup>m</sup> 24	- 0 <sup>m</sup> 1	96	0 <sup>m</sup> 085	38 <sup>m</sup> 3	2 <sup>m</sup> 287	127	- 5	K0
5	Rigel	$\beta$ Orio	0 <sup>m</sup> 34	- 5 <sup>m</sup> 8	18 000	0 <sup>m</sup> 006	548 <sup>m</sup> 3	0 <sup>m</sup> 005	4	+23	B8
6	Procyon	$\alpha$ CMin	0 <sup>m</sup> 48	+ 2 <sup>m</sup> 8	7	0 <sup>m</sup> 291	11 <sup>m</sup> 2	1 <sup>m</sup> 250	20	- 3	F5
7	Altair	$\alpha$ Aqil	0 <sup>m</sup> 39	+ 2 <sup>m</sup> 5	9	0 <sup>m</sup> 207	15 <sup>m</sup> 7	0 <sup>m</sup> 659	15	-26	A5
8	Betelgeuze	$\alpha$ Orio	(0 <sup>m</sup> 92)	- 3 <sup>m</sup> 9	3 000	0 <sup>m</sup> 011	296 <sup>m</sup> 3	0 <sup>m</sup> 032	14	+21	Ma
9	Aldebaran	$\alpha$ Taur	1 <sup>m</sup> 06	- 0 <sup>m</sup> 6	156	0 <sup>m</sup> 046	70 <sup>m</sup> 9	0 <sup>m</sup> 205	21	+55	K5
10	Pollux	$\beta$ Gemi	1 <sup>m</sup> 21	+ 1 <sup>m</sup> 2	29	0 <sup>m</sup> 102	32 <sup>m</sup> 0	0 <sup>m</sup> 624	29	+ 3	K0
11	Spica	$\alpha$ Virg	1 <sup>m</sup> 21	- 3 <sup>m</sup> 6	2 350	0 <sup>m</sup> 011	296 <sup>m</sup> 3	0 <sup>m</sup> 051	22	+ 2	B2
12	Antares	$\alpha$ Scor	1 <sup>m</sup> 23	- 1 <sup>m</sup> 5	350	0 <sup>m</sup> 028	116 <sup>m</sup> 4	0 <sup>m</sup> 032	5	- 3	M0
13	Fomalhaut	$\alpha$ Pscæ	1 <sup>m</sup> 29	+ 1 <sup>m</sup> 9	15	0 <sup>m</sup> 130	25 <sup>m</sup> 1	0 <sup>m</sup> 366	13	+ 7	A3
14	Deneb	$\alpha$ Oygn	1 <sup>m</sup> 33	- 4 <sup>m</sup> 2	3 160	(0 <sup>m</sup> 008)	(407 <sup>m</sup> 5)	0 <sup>m</sup> 004	2	- 4	A2
15	Regulus	$\alpha$ Leon	1 <sup>m</sup> 34	- 0 <sup>m</sup> 6	151	0 <sup>m</sup> 041	79 <sup>m</sup> 5	0 <sup>m</sup> 241	28	+ 3	B8

ZVIJEZDE SA NAJVEĆIM VLASTITIM GIBANJEM

Redni broj	Oznaka zvijezde	Prividna veličina	Položaj 1900 <sup>0</sup>		Paralaksaksa	Vlaštito gibanje	Pozicioni kut
			Rektascenzija	Deklinacija			
1	Barnard	m 9 <sup>m</sup> 7	h 17 52 <sup>m</sup> 9	+ 4 25	0 <sup>m</sup> 545	10 <sup>m</sup> 286	356
2	Kapteyn	9 <sup>m</sup> 2	5 7 <sup>m</sup> 7	- 44 59	0 <sup>m</sup> 262	8 <sup>m</sup> 790	131
3	Groombridge 1830	6 <sup>m</sup> 5	11 47 <sup>m</sup> 2	+ 38 26	0 <sup>m</sup> 107	7 <sup>m</sup> 031	146
4	Lacaille 8352	7 <sup>m</sup> 4	22 59 <sup>m</sup> 4	- 36 26	0 <sup>m</sup> 278	6 <sup>m</sup> 874	79
5	Cin 3161	8 <sup>m</sup> 3	23 59 <sup>m</sup> 5	- 37 51	0 <sup>m</sup> 222	6 <sup>m</sup> 090	113
6	CO 462 = Ross 610	(14 <sup>m</sup> 4)	8 6 <sup>m</sup> 5	+ 9 10	0 <sup>m</sup> 154	5 <sup>m</sup> 40	167
7	61 Cygni	5 <sup>m</sup> 6	21 2 <sup>m</sup> 4	+ 38 15	0 <sup>m</sup> 299	5 <sup>m</sup> 216	52
8	Lalande 21185	7 <sup>m</sup> 6	10 57 <sup>m</sup> 9	+ 36 38	0 <sup>m</sup> 388	4 <sup>m</sup> 778	187
9	e Indi	4 <sup>m</sup> 7	21 55 <sup>m</sup> 7	- 57 12	0 <sup>m</sup> 288	4 <sup>m</sup> 674	123
10	Wolf 359	13 <sup>m</sup> 5	10 51 <sup>m</sup> 6	+ 7 37	0 <sup>m</sup> 403	4 <sup>m</sup> 67	235
11	Lalande 21258	8 <sup>m</sup> 0	11 0 <sup>m</sup> 5	+ 44 2	0 <sup>m</sup> 175	4 <sup>m</sup> 513	282
12	$\alpha^1$ Eridani	4 <sup>m</sup> 5	4 10 <sup>m</sup> 7	- 7 40	0 <sup>m</sup> 202	4 <sup>m</sup> 078	213
13	CC 791 = Wolf 489	(15 <sup>m</sup> 2)	13 31 <sup>m</sup> 8	+ 4 13	0 <sup>m</sup> 130	3 <sup>m</sup> 94	252
14	Proxima Centauri	11 <sup>m</sup> 0	14 22 <sup>m</sup> 8	- 62 15	0 <sup>m</sup> 762	3 <sup>m</sup> 85	283
15	$\mu$ Cassiopeiæ	5 <sup>m</sup> 3	1 1 <sup>m</sup> 0	+ 54 26	0 <sup>m</sup> 130	3 <sup>m</sup> 781	115
16	Luyten	11 <sup>m</sup> 5	7 22 <sup>m</sup> 4	+ 5 32	0 <sup>m</sup> 268	3 <sup>m</sup> 76	171
17	$\alpha$ Centauri	0 <sup>m</sup> 3	14 32 <sup>m</sup> 8	- 60 25	0 <sup>m</sup> 756	3 <sup>m</sup> 698	281
18	Cin 2019	9 <sup>m</sup> 4	15 4 <sup>m</sup> 7	- 15 54	0 <sup>m</sup> 040	3 <sup>m</sup> 68	196
19	Lacaille 8760	6 <sup>m</sup> 6	21 11 <sup>m</sup> 4	- 39 15	0 <sup>m</sup> 257	3 <sup>m</sup> 459	251
20	Luyten 726-8	11 <sup>m</sup> 9	1 34 <sup>m</sup> 0	- 18 28	0 <sup>m</sup> 41	3 <sup>m</sup> 35	-

ZVIJEZDE SA NAJVEĆIM RADIJALNIM GIBANJEM

Redni broj	Oznaka zvijezde	Prividna veličina	Spektralni tip	Položaj 1900.0			Gibanje	
				Rektascenzija	Deklincija	Vlastito	Radijalno km/sec	
1	α Cin 560	m 8.9	A8	h 4 8.6	δ +22 6	μ 0.54	+338	
2	β Cin 2018	9.9	G5	15 4.7	-15 59	3.08	+306	
3	γ S Libr	var.	M2e	15 15.6	-20 2	0.20	+295	
4	δ Cin 2019	9.4	G0	15 4.7	-15 54	3.08	+290	
5	ε S Car	var.	Md	16 0.2	-61 4	0.11	+289	
6	ζ Kapteyn	9.2	K2	5 7.7	-44 59	8.75	+242	
7	η Van Maanen	12.3	F3	0 43.9	+ 4 55	2.98	+238	
8	θ Cin 1066	8.2	F4	12 56.1	-26 50	0.54	+226	
9	ι R Piet.	var.	Md	4 43.5	-49 26	0.07	+208	
10	κ A. 9. Wash. 3408	9.4	A7	8 36.1	-15 59	0.56	+200	
11	λ RZ Lyra	var.	A2	18 39.9	+32 42	—	-220	
12	μ BD + 23°123	8.8	R3	0 48.9	+23 32	0.15	-234	
13	ν Cin 2348	9.1	F0	17 33.9	+18 37	0.28	-240	
14	ξ Cin 335	8.2	F7	7 47.2	+30 55	1.96	-242	
15	η Cin 140	7.8	F5	1 3.3	+61 1	0.04	-325	
16	θ Luyten 673	11.3	A	21 41.0	+43 51	0.61	-354	
17	ι VX Herc	var.	A3	16 26.2	+18 36	—	-380	
18	κ BD + 29°5071	8.8	R3	21 59.7	+20 34	0.02	-383	

PETNAEST NAJSJAJNIJIH DVOJNIH ZVIJEZDA

Redni broj	Oznaka zvijezde	Položaj 1950.0		Prividna veličina, spektar, boja		Pozicioni kut	Daljina komponenta	Epoha	Period	Broj zvijezde u katalogu Struve
		α	δ	Glavna zvijezda	Pratilac					
1	η Cass	h 0 47	+37.5	m 3.6 F8 žuta	m 7.6 M1 crv.	267.6	8.06	1926.8	god. 500	Σ 60
2	γ Arie	1 50	+19.0	4.7 A0 bij.	4.8 B9 zel.	359.6	8.35	1924.7		180
3	γ Andr	2 01	+42.1	2.3 K0 žuta	5.1 A0 zel.	62.0	10.01	1925.1		205
4	γ Ceti	2 40	+3.0	3.6 A2 —	6.8 F3 —	292.4	3.05	1926.1		290
5	θ Auri	5 56	+37.2	2.7 A0 —	7.5 — —	331.0	2.81	1924.3		
6	α Gemi	7 31	+32.0	2.0 A2 —	2.8 A2 —	212.6	4.58	1926.2	306	1110
7	γ Leon	10 17	+20.1	2.6 K0 —	3.8 G5 —	118.3	3.94	1925.4	407	1424
8	γ Virg	12 30	-1.2	3.7 F0 —	3.7 F0 —	320.8	5.92	1925.8	180	1670
9	ξ UMal	13 22	+55.2	2.4 A2 —	4.0 A2 —	150.0	14.54	1925.2		1744
10	ε Boot	14 43	+27.3	2.7 K0 žuta	5.1 A0 zel.	333.3	2.87	1926.1		1877
11	α Herc	17 12	+14.5	3.5 M5 mar.	5.4 F9 zel.	111.0	4.62	1926.0		2140
12	ε <sub>1</sub> ε <sub>2</sub> Lyra	18 43	+39.6	5.1 A3; 5.1 A5	6.0 A3; 5.4 A5	6.1; 117.3	3.18; 2.64	1926.7		2382; 2883
13	β Oryg	19 29	+27.9	3.2 K0 žuta	5.4 B9 mod.	54.7	34.56	1924.6		I 43
14	ε Drac	19 40	+70.1	4.0 G2 —	7.6 F5 —	11.9	3.26	1926.5		2603
15	γ Diph	20 44	+15.9	4.5 K2 žuta	5.5 F0 zel.	269.9	10.63	1924.7		

EKLIPSNE PROMJENLJIVE ZVIJEZDE

Red. br.	Oznaka zvijezde	Položaj 1950°0		Spektar	Pri-vidna veličina	Promjena sjaja		Trajanje eklipse	Period u danima P	Otkriće promjenljivosti
		Rektascenzija	Deklina-cija			Glav. min.	Drugi min.			
1	YZ Cass	h 0 41'0	+74 43'	A3	m 5'7	m 0'4	m 0'1	h 7'8	d 4'4672	—
2	β Pers	3 4'9	+40 46	B8	2'2	1'3	—	h 9'8	2'8673	Montanari 1867
3	λ Taur	3 57'7	+12 21	B3	3'8	0'4	—	h 14	3'9530	Baxendell 1848
4	ε Auri	4 57'8	+43 45	F2p	3'2	0'7	—	754 dana	9883	Fritsch 1821
5	ζ Auri	4 58'7	+41 00	K5+B8e	4'9	0'5	—	895 dana	972	Christie 1935
6	VV Orio	5 30'6	- 1 12	B2	5'3	0'4	0'1	h —	1'4854	Miller Barr 1903
7	RR Lync	6 21'9	+56 19	A6	5'6	0'4	0'2	h 10	9'9450	—
8	WW Auri	6 28'8	+32 30	A7	5'6	0'6	0'5	h 6'4	2'3250	Schwab 1918
9	R OMaj	7 16'5	-16 17	A9	5'3	0'6	0'1	h 4	1'1359	Sawyer 1887
10	ζ Libr	14 57'7	- 8 19	A1	4'8	1'1	0'1	h 13	2'3273	Schmidt 1895
11	U Ophi	17 13'6	+ 1 16	B5	5'7	0'7	0'6	h 7'7	1'6773	Gould 1871
12	u Herc	17 15'6	+33 09	B3	4'6	0'7	0'3	—	2'0510	Schmidt 1869
13	β Lyr	18 47'5	+33 19	B2p	3'4	0'9	0'4	—	12'9296	Goodricke 1784
14	VV Ceph	21 55'3	+63 22	M2+B3e	6'6	0'8	—	450 dana	7430	McLaughlin 1936

MINIMA ALGOLA (β PERSEI) 1951

Dan	Satovi srednje-evropskog vremena												Dan		
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII			
1	h m	13 29	h m	18 46	h m	23 48	h m	4 50	h m	17 48.	h m	21 24	h m	2 26	11
2	—	—	5 48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12
3	21 24	10 22	—	15 24	20 41	—	12 46	—	1 43	—	—	7 00	—	—	13
4	—	—	2 26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14
5	18 17	7 14	23 19	12 17	17 34	17 34	9 38	22 36	22 36	11 34	—	3 38	—	—	15
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16
7	15 10	4 07	20 12	—	14 12	14 12	6 31	19 29	19 29	8 26	—	0 31	—	—	17
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18
9	11 48	—	17 05	9 10	—	—	3 10	16 07	16 07	5 05	—	21 24	—	—	19
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20
11	8 41	21 38	13 43	6 02	—	—	0 02	13 00	13 00	1 58	—	18 02	—	—	21
12	—	—	—	2 41	7 58	7 58	20 55	9 53	9 53	22 50	—	7 00	—	—	22
13	5 34	18 31	10 36	23 34	4 36	4 36	17 48	—	—	—	—	14 55	—	—	23
14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	24
15	2 12	15 10	7 29	20 26	—	—	—	6 46	6 46	19 43	—	11 48	—	—	25
16	23 05	—	—	—	1 29	1 29	14 26	—	—	—	—	8 41	—	—	26
17	—	—	—	17 19	22 22	22 22	—	3 24	3 24	16 22	—	—	—	—	27
18	19 58	12 02	4 22	—	—	—	11 19	0 17	0 17	13 14	—	5 19	—	—	28
19	—	—	—	13 58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	29
20	16 50	—	21 53	—	2 55	2 55	8 12	21 10	21 10	10 07	—	2 12	—	—	30
21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23 05	—	—	31
22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

SJAJNIJE KRA TKOPERIODIČNE PROMJENLJIVE ZVIJEZDE

(sjajnije cefeide)

Redni br.	Oznaka zvijezde	Položaj 1950'0		Spektar	Prividna veličina maksimuma	Promjena sjaja $\Delta m$	Period promjene p	Otkriće promjenljivosti
		Rektascenzija	Deklinacija					
1	T Mono	h <sup>m</sup> 6 22'5	+ 7° 07'	F8-K0	m 5.8	m 1.0	d 27.0095	Gould 1871
2	RT Auri	6 25.3	+ 30 32	F1-G5	5.4	1.2	3.7283	Ashbury 1905
3	S Gemi	7 01.1	+ 20 39	cG4	3.7	0.4	10.1535	Schmidt 1847
4	U Mono	7 28.4	- 9 40	G5-K2	5.6	1.7	92.26	Gould 1873
5	RR Lyra	19 23.8	+ 42 42	B9-F2	7.2	0.7	0.5668	—
6	η Aquil	19 49.9	+ 0 53	F2-G9	3.7	0.7	7.1765	Piggott 1784
7	S Sgr	19 53.8	+ 16 31	F8-G7	5.8	1.0	8.3816	Gosc 1885
8	T Vulp	20 49.4	+ 28 03	F3-G5	5.5	0.8	4.4356	Sawyer 1885
9	δ Oeph	22 27.4	+ 58 09	F4-G6	3.6	0.7	5.3664	Goodricke 1787

SJAJNIJE DUGOPERIODIČNE PROMJENLJIVE ZVIJEZDE

Redni br.	Oznaka zvijezde	Položaj 1950'0		Spektar	Prividna veličina maksimuma	Promjena sjaja $\Delta m$	Period promjene p	Otkriće promjenljivosti
		Rektascenzija	Deklinacija					
1	o Ceti (Mira)	h <sup>m</sup> 2 16.8	- 3° 13'	M5e	m 2.0	m 8.1	d 331.8	Fabricius 1596
2	R Tria	2 31.0	+ 34 01	M6e	5.3	6.7	365.0	Fleming 1890
3	U Orio	5 52.8	+ 20 10	M8e	5.4	6.8	376.9	Gose 1885
4	R Leon	9 44.8	+ 11 40	M8e	5.0	5.5	308.7	Koch 1782
5	R UMaJ	10 41.2	+ 69 02	M4e	6.0	7.3	301	Pogson 1853
6	T UMaJ	12 34.2	+ 59 46	M4e	5.5	7.7	250	Bonn 1860
7	R Hyda	13 26.9	- 22 56	M7e	3.5	6.4	415	Maraldi 1704
8	R Boot	14 34.9	+ 26 58	M4e	6.0	6.8	226	Argelander 1853
9	R Serp	15 48.4	+ 15 18	M7e	5.6	7.9	349	Harding 1826
10	S Herc	16 49.6	+ 15 02	M6e	6.2	6.4	314	Schönfeld 1876

SJAJNIJE NEPRAVILNE PROMJENLJIVE ZVIJEZDE

Redni br.	Oznaka zvijezde	Položaj 1950'0		Spektar	Prividna veličina		Period	Otkriće promjenljivosti
		Rektascenzija	Deklinacija		Maksimum	Minimum		
1	Class	h 0 377	+ 56° 16'	G8	m 2'1	m 2'6	d 910 (?)	Birt 1831
2	Pers	3 02'5	+ 38 39	M6	3'2	4'1		Schmidt 1854
3	Orio	5 52'4	+ 7 24	M2	0'1	1'2	239 (?)	J. Herschel 1840
4	Gemi	6 11'9	+ 22 32	M2	3'2	4'2		Schmidt 1865
5	RSc	9 07'6	+ 31 11	M6	5'3	6'8	100'2	Pickering 1903
6	R CorB	15 46'5	+ 28 18	cG0ep	5'8	13'8		Pigott 1795
7	X Herc	16 01'1	+ 47 22	Me	6'8	7'2	151	Gose 1890
8	g Herc	16 26'9	+ 42 00	Mbp	4'4	5'6		Baxendell 1857
9	a Herc	17 12'4	+ 14 26	M5	3'1	3'9	Herschel 1795	
10	a Serp	18 24'6	+ 0 09	A0p	4'9	5'6	Jendell 1894	
11	R Scut	18 44'8	- 5 45	K5e	4'5	9	191	Pigott 1795
12	W Cygn	21 34'1	+ 45 10	M4e	5'1	7'6		Gose 1885
13	μ Cep	21 42'0	+ 58 33	M2	4'0	4'8	Hind 1848	
14	σ Cass	23 51'9	+ 57 13	cOp	4'4	5'1	Wells 1901	

KONSTANTE ZA REDUKCIJU, 1951

Datum 0 h svj. vr.	t	f	g	log g	G	h	log h	H	i	log i
Jan. 1	-0'0005	+0'154	"	0'9337	h m 18 26'9	20'42	1'3101	h m 23 24'1	-1'33	0'140 n
11	+0'0269	0'273	8'58	0'9443	18 46'7	20'28	1'3071	22 46'3	2'78	0'444 n
21	+0'0543	0'386	9'11	0'9593	19 04'1	20'06	1'3023	22 07'8	4'09	0'612 n
31	0'0817	0'490	9'48	0'9767	19 18'7	19'78	1'2962	21 28'5	5'27	0'722 n
Feb. 10.	0'1091	0'584	9'87	0'9943	19 30'8	19'48	1'2897	20 48'0	-6'28	0'798 n
20	0'1364	0'669	10'25	1'0106	19 40'7	19'20	1'2834	20 06'5	7'09	0'851 n
Mar. 1	0'1611	0'738	10'55	1'0234	19 48'5	18'99	1'2786	19 28'3	-7'63	0'883 n
11	0'1885	0'809	10'84	1'0352	19 56'4	18'84	1'2750	18 45'2	8'01	0'904 n
21	0'2158	0'876	11'08	1'0446	20 04'1	18'78	1'2737	18 01'9	8'14	0'911 n
31	0'2432	0'944	11'28	1'0522	20 12'2	18'83	1'2748	17 18'8	8'03	0'905 n
Apr. 10	0'2706	1'014	11'45	1'0586	20 21'1	18'97	1'2781	16 36'3	-7'69	0'886 n
20	0'2980	1'090	11'61	1'0649	20 30'9	19'19	1'2831	15 54'9	7'12	0'852 n
30	0'3254	1'173	11'81	1'0722	20 41'4	19'46	1'2892	15 14'9	6'34	0'802 n
Maj 10	0'3527	1'264	12'06	1'0812	20 52'5	19'75	1'2955	14 36'1	-5'39	0'732 n
20	0'3801	1'364	12'37	1'0925	21 03'9	20'02	1'3014	13 58'6	4'29	0'633 n
30	0'4075	1'472	12'78	1'1064	21 14'7	20'24	1'3062	13 22'1	3'08	0'488 n
Jun. 9	0'4349	1'585	13'26	1'1226	21 24'7	20'39	1'3095	12 46'5	-1'78	0'250 n
19	0'4623	1'701	13'82	1'1404	21 33'5	20'47	1'3110	12 11'3	-0'44	9'639 n
29	0'4896	1'818	14'43	1'1592	21 40'9	20'45	1'3107	11 36'3	+0'92	9'962
Jul. 9	0'5170	1'933	15'08	1'1783	21 46'8	20'35	1'3085	11 01'0	+2'24	0'351
19	0'5444	2'044	15'73	1'1968	21 51'5	20'17	1'3046	10 25'3	+3'51	0'545
29	0'5718	2'148	16'38	1'2143	21 55'1	19'93	1'2994	9 48'8	4'68	0'670
Aug. 8	0'5991	2'245	17'00	1'2304	21 57'8	19'65	1'2934	9 11'2	+5'73	0'758
18	0'6265	2'334	17'57	1'2448	21 59'9	19'37	1'2872	8 32'4	6'61	0'820
28	0'6539	2'414	18'09	1'2575	22 01'8	19'12	1'2815	7 52'4	7'31	0'864
Sep. 7	0'6813	2'487	18'56	1'2685	22 03'7	18'92	1'2769	7 11'2	+7'81	0'893
17	0'7087	2'556	18'97	1'2781	22 05'8	18'81	1'2742	6 29'2	8'09	0'908
27	0'7360	2'623	19'34	1'2866	22 08'4	18'78	1'2738	5 46'6	8'13	0'910
Okt. 7	0'7634	2'690	19'70	1'2944	22 11'7	18'87	1'2757	5 03'8	+7'94	0'900
17	0'7908	2'762	20'05	1'3022	22 15'5	19'04	1'2798	4 21'5	7'51	0'876
27	0'8182	2'840	20'43	1'3103	22 19'9	19'29	1'2853	3 39'8	6'85	0'836
Nov. 6	0'8456	2'926	20'86	1'3192	22 24'7	19'58	1'2918	2 59'1	+5'98	0'777
16	0'8729	3'022	21'34	1'3292	22 29'6	19'87	1'2982	2 19'3	4'92	0'692
26	0'9003	3'128	21'90	1'3405	22 34'4	20'13	1'3039	1 40'5	3'71	0'569
Dec. 6	0'9277	3'242	22'53	1'3528	22 38'8	20'33	1'3082	1 02'4	+2'37	0'375
16	0'9551	3'361	23'23	1'3660	22 42'5	20'45	1'3106	0 24'9	+0'96	9'983
26	0'9824	3'483	23'96	1'3795	22 45'5	20'46	1'3110	23 47'5	-0'48	9'684 n
31	+0'9961	3'544	24'34	1'3862	22 46'7	20'43	1'3104	23 28'8	-1'20	0'081 n

**SREDNJA MJESTA OSNOVNIH ZVIJEZDA**  
za 19510 (Jan. 1'166), do  $-30^\circ$  deklinacije

Red. br.	Oznaka zvijezde	Ime zvijezde	Prividna veličina <math>\leq 3^0</math>	Rektascenzija	Godišnje vlastito gibanje	Deklinacija	Godišnje vlastito gibanje
1	$\alpha$ Andromedae	Sirrah	m 2'15	h m s 0 05 50'95	s +0'010	+ 28 49 12'0	" - 0'16
2	$\beta$ Cassiopeiae	Chaph	2'42	0 06 32'93	+0'068	+ 58 52 46'6	- 0'18
3	$\gamma$ Pegasi	Algenib	2'87	0 10 42'54	0'000	+ 14 54 40'6	- 0'01
4	$\alpha$ Cassiopeiae	Sedir	2'1-2'6	0 37 42'70	+0'098	+ 56 16 08'4	- 0'03
5	$\beta$ Ceti	Diphda	2'24	0 41 07'83	+0'016	- 18 15 18'8	+ 0'04
6	$\gamma$ Cassiopeiae	Oh	1'6-2'3	0 53 43'92	+0'063	+ 60 27 06'8	0'00
7	$\beta$ Andromedae	Mirah	2'37	1 06 58'83	+0'015	+ 35 21 40'7	- 0'11
8	$\delta$ Cassiopeiae	Rucba	2'80	1 22 35'41	+0'040	+ 59 58 53'0	- 0'05
9	$\alpha$ Ursae Minoris	Polaris	2'12	1 49 28'09	+0'178	+ 89 02 01'5	0'00
10	$\beta$ Arietis	Oheratan	2'72	1 51 55'65	+0'007	+ 20 34 09'6	- 0'11
11	$\gamma$ Andromedae	Alamak	2'28	2 00 52'87	+0'004	+ 42 05 44'3	- 0'05
12	$\alpha$ Arietis	Hamal	2'23	2 04 24'30	+0'014	+ 23 13 54'0	- 0'14
13	$\alpha$ Ceti	Menkar	2'82	2 59 42'89	-0'001	+ 3 52 55'3	- 0'07
14	$\beta$ Persei	Algol	2'2-3'5	3 04 58'28	+0'001	+ 40 46 08'4	0'00
15	$\alpha$ Persei	Mirfak	1'90	3 20 48'74	+0'063	+ 49 41 18'8	- 0'04
16	$\eta$ Tauri	Alcyone	2'96	3 44 33'99	+0'002	+ 23 57 18'6	- 0'04
17	$\xi$ Persei	—	2'91	3 51 02'74	+0'001	+ 31 44 23'2	- 0'01
18	$\alpha$ Tauri	Aldebaran	1'06	4 33 06'35	+0'005	+ 16 24 44'7	- 0'19
19	$\iota$ Aurigae	—	2'90	4 53 47'99	0'000	+ 33 05 25'6	- 0'02
20	$\beta$ Eridani	Osra	2'92	5 05 26'32	-0'006	- 5 08 53'7	- 0'08

Red. br.	Oznaka zvijezde	Ime zvijezde	Prividna veličina <math>\leq 3^0</math>	Deklinacija	Godišnje vlastito gibanje	Deklinacija	Godišnje vlastito gibanje
21	$\beta$ Orionis	Rigel	m 0'34	h m s 5 12 10'89	s 0'000	- 8 15 24'5	" 0'00
22	$\alpha$ Aurigae	Capella	0'21	5 13 03'91	+0'008	+ 45 37 01'8	- 0'42
23	$\gamma$ Orionis	Bellatrix	1'70	5 22 30'08	-0'001	+ 6 18 24'8	- 0'92
24	$\beta$ Tauri	Nath	1'78	5 23 11'51	+0'002	+ 28 34 04'7	- 0'18
25	$\delta$ Orionis	Mintaka	2'48	5 29 30'09	0'000	- 0 20 01'6	0'00
26	$\alpha$ Leporis	Arneb	2'69	5 30 34'08	0'000	- 17 51 21'5	0'00
27	$\iota$ Orionis	—	2'69	5 33 02'07	0'000	- 5 58 25'7	0'00
28	$\epsilon$ Orionis	Alnitam	1'75	5 33 43'32	0'000	- 1 13 53'8	0'00
29	$\zeta$ Orionis	Alnitak	2'05	5 38 17'08	0'000	- 1 58 01'0	0'00
30	$\kappa$ Orionis	Saiph	2'20	5 45 25'87	0'000	- 9 41 08'2	0'00
31	$\alpha$ Orionis	Betelgeuze	0'1-0'2	5 52 31'07	+0'002	+ 7 23 58'7	+ 0'01
32	$\beta$ Aurigae	Menkalfan	2'07	5 55 55'99	-0'005	+ 44 56 41'0	0'00
33	$\theta$ Aurigae	—	2'71	5 56 22'72	+0'004	+ 37 12 40'2	- 0'08
34	$\alpha$ Canis Majoris	Mirzam	1'99	6 20 32'44	0'000	- 17 55 49'1	0'00
35	$\gamma$ Geminorum	Alhena	1'93	6 34 52'87	+0'003	+ 16 26 34'2	- 0'04
36	$\alpha$ Canis Majoris	Sirius	-1'58	6 42 50'37	-0'037	- 16 38 51'3	- 1'21
37	$\epsilon$ Canis Majoris	Adhara	1'63	6 50 41'96	0'000	- 23 54 15'1	0'00
38	$\delta$ Canis Majoris	Vezen	1'98	7 08 28'88	0'000	- 26 18 51'0	0'00
39	$\eta$ Canis Majoris	—	2'43	7 22 09'35	0'000	- 29 12 22'9	+ 0'01
40	$\alpha$ Geminorum	Castor	1'58	7 31 28'50	-0'014	+ 31 59 51'5	- 0'10
41	$\alpha$ Canis Minoris	Procyon	0'48	7 36 44'25	-0'047	+ 5 21 07'4	- 1'03
42	$\beta$ Geminorum	Pollux	1'21	7 42 19'19	-0'047	+ 28 08 46'4	- 0'05
43	$\alpha$ Hydrae	Alfard	2'16	9 25 10'74	-0'001	- 8 26 43'2	+ 0'03
44	$\alpha$ Leonis	Regulus	1'34	10 05 45'85	-0'017	+ 12 12 20'9	0'00
45	$\gamma$ Leonis	Algieba	2'61	10 17 16'42	+0'022	+ 20 05 24'4	- 0'15

Red. br.	Oznaka zvijezde	Ime zvijezde	Prividna veličina < 3 <sup>o</sup>	Rektascenzija	Godišnje vlastito gibanje	Deklinaija	Godišnje vlastito gibanje
46	β Ursae Majoris	Merak	m 2.44	h m s 10 58 53.86	s +0.010	+ 56 38 43.7	" + 0.07
47	α Ursae Majoris	Dubhe	1.95	11 00 43.23	-0.017	+ 62 00 57.4	- 0.07
48	δ Leonis	Zosma	2.58	11 11 30.23	+0.010	+ 20 47 32.0	- 0.14
49	β Leonis	Denebola	2.23	11 46 33.67	-0.034	+ 14 50 45.6	- 0.12
50	γ Ursae Majoris	Phecda	2.54	11 51 15.71	+0.010	+ 53 58 02.0	+ 0.01
51	ε Ursae Majoris	Alioth	1.68	12 51 52.75	+0.013	+ 56 13 31.7	- 0.01
52	α* Canum Venatic.	Cor Caroli	2.90	12 53 44.29	-0.020	+ 38 34 57.3	+ 0.05
53	ε Virginis	Vindemiatrix	2.95	12 59 44.29	-0.019	+ 11 13 19.6	+ 0.02
54	ζ Ursae Majoris	Mizar	2.40	13 21 57.33	+0.014	+ 55 10 50.7	- 0.02
55	α Virginis	Spica	1.21	13 22 36.47	-0.003	- 10 54 22.2	- 0.03
56	η Ursae Majoris	Benetnaš	1.91	13 45 36.67	-0.013	+ 49 33 26.2	- 0.01
57	η Bootis	Muphrid	2.80	13 52 21.03	-0.004	+ 18 38 33.3	- 0.36
58	α Bootis	Arcturus	0.24	14 13 25.50	-0.078	+ 19 26 12.3	- 2.00
59	ε Bootis	Izar	2.70	14 42 50.76	-0.004	+ 27 16 47.5	+ 0.02
60	α* Librae	Zuben el Genubi	2.90	14 48 09.77	-0.007	- 15 50 21.6	- 0.07
61	β Ursae Minoris	Kohab	2.24	14 50 49.48	-0.008	+ 74 21 20.8	+ 0.01
62	β Librae	Zuben el Chamal	2.74	15 14 21.96	-0.007	- 9 12 12.2	- 0.02
63	α Coronae Bor.	Gemma	2.31	15 32 36.69	+0.009	+ 26 52 42.6	- 0.09
64	α Serpentis	Unuk	2.75	15 41 51.11	+0.009	+ 6 34 42.6	+ 0.05
65	δ Scorpii	Džuba	2.54	15 57 25.87	0.000	- 22 29 01.8	- 0.03
66	β Scorpii	Akrab	2.90	16 02 35.00	0.000	- 19 40 22.4	- 0.02
67	η Draconis	—	2.89	16 23 19.29	-0.003	+ 61 37 28.9	+ 0.06
68	α Scorpii	Antares	1.22	16 26 23.93	0.000	- 26 19 30.0	- 0.02
69	β Herculis	Korneforos	2.81	16 28 06.68	-0.007	+ 21 35 42.4	- 0.02
70	τ Scorpii	—	2.91	16 32 49.64	0.000	- 28 06 53.1	- 0.02

Red. br.	Oznaka zvijezde	Ime zvijezde	Prividna veličina < 3 <sup>o</sup>	Rektascenzija	Godišnje vlastito gibanje	Rektascenzija	Godišnje vlastito gibanje
71	ι Ophiuchi	—	m 2.70	h m s 16 34 27.44	+0.001	0 28 10.1	+ 0.02
72	η Ophiuchi	Sabik	2.63	17 07 33.90	+0.002	- 15 39 57.4	+ 0.09
73	β Draconis	—	2.99	17 29 19.38	-0.002	+ 52 20 13.0	+ 0.01
74	α Ophiuchi	Ras Alhague	2.14	17 32 39.48	+0.008	+ 12 35 39.3	- 0.23
75	β Ophiuchi	—	2.94	17 41 03.01	-0.003	+ 4 35 10.3	+ 0.16
76	γ Draconis	Etamin	2.42	17 55 27.97	-0.001	+ 51 29 38.1	- 0.02
77	δ Sagittarii	—	2.84	18 17 51.40	+0.003	- 29 51 03.2	- 0.03
78	λ Sagittarii	—	2.94	18 24 56.75	-0.003	- 25 27 02.2	- 0.13
79	α Lyrae	Vega	0.14	18 35 16.69	+0.017	+ 38 44 12.9	+ 0.28
80	σ Sagittarii	Nunki	2.14	18 52 13.64	+0.001	- 26 21 34.0	- 0.06
81	γ Aquilae	Tarazed	2.80	19 42 55.75	+0.001	+ 10 29 33.2	0.00
82	α Aquilae	Altair	0.89	19 48 23.51	+0.036	+ 8 44 15.3	+ 0.39
83	γ Cygni	—	2.32	20 20 28.09	0.000	+ 40 05 56.0	0.00
84	α Cygni	Deneb	1.33	20 39 45.59	0.000	+ 45 06 16.0	0.00
85	ε Cygni	Gienah	2.64	20 44 13.60	+0.028	+ 33 47 08.8	+ 0.33
86	α Cephei	Alderamin	2.60	21 17 24.60	+0.021	+ 62 22 39.0	+ 0.05
87	ε Pegasi	Enif	2.54	21 41 46.70	+0.002	+ 9 38 58.2	0.00
88	α Piscis Austr.	Fomalhaut	1.29	22 54 56.84	+0.026	- 29 52 56.0	- 0.16
89	β Pegasi	Šeat	2.61	23 01 23.68	+0.014	+ 27 40 00.1	+ 0.14
90	α Pegasi	Markab	2.87	23 02 19.05	+0.004	+ 14 56 28.5	- 0.04



## TUMAČ TABLICAMA O ZVIJEZDAMA

1. Prva 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.

2. U drugoj tablici 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  $300\,000\text{ km}$  u sekundi, to u 1 godini svjetlost prevali put od  $365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 300\,000 = 9,46 \cdot 10^{17}$  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 paralakse izlazi odnos 1 parsek =  $30'84 \cdot 10^6$  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 načinom 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 asorpcijski. 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 neprekidut, 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.

Asorpcijski spektar nastaje, ako svjetlost — koja bi dala neprekidni spektar — prolazi kroz tvar, koja pojedine vrste svjetlosti guta. U svjetlosti nakon prolaza tom stvari 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 ispitaio i klasificirao A. Fraunhofer 1814., te se po njemu i zovu Fraunhoferove linije. Potpuni fotografski atlas Sunčeva spektra, dug 13 m sa 20 000 asorpcijskih 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 izlazi svjetlost, pripada za njega karakteristični linijski spektar, po kojem se on može sa sigurnošću razlikovati od drugih kemijskih elemenata. Ako svjetlost izlazi 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, apsorpcione linije, javiti u apsorpcionom spektru, vidimo opet iz Kirchhoffova zakona: neka tvar guta od svjetlosti, koja kroz nju prolazi, upravo one boje, koje bi ta tvar sama izjarivala. Ako je ta tvar usijani plin, onda će se u apsorpcionom spektru javiti tamne linije na mjestu, gdje bi taj plin dao svoj svijetli karakteristični emisijski 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 izlaze svjetlost oko 500°C. Izlaze 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 emisijski 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 emisijskim 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 najsjajnijih 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, Aldabaran.  
 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 najhladnije 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 izarene 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 poblize oznake. U našoj tablici dolaze naprijed  $c$ , što znači osobito jak sjaj; iza slova oznaka  $e$  znači da u spektru ima svijetlih, emisijskih linija; oznaka  $p$  — upućuje na neku osobitost svojstvenu baš ovome spektru.

Za ostale pojmove u tablici uporedi još slijedeća objašnjenja.

3. Treću tablicu najsjajnijih zvijezda mogli bismo popuniti do 20 sjajnim zvijezdama južnije od  $-30^\circ$  južne deklinacije, koje se kod nas ne mogu vidjeti:

			$\delta$	$m$
1 <sup>a</sup>	Canopus	$\alpha$ Car	$-0^{\circ}86$	$(\delta = -52^{\circ}40')$
1 <sup>b</sup>	Tolliman	$\alpha$ Cent	$0^{\circ}05$	$(\delta = -60^{\circ}37')$
6 <sup>a</sup>	Achernar	$\alpha$ Erid	$0^{\circ}60$	$(\delta = -57^{\circ}29')$
6 <sup>b</sup>	Agena	$\beta$ Cent	$0^{\circ}86$	$(\delta = -60^{\circ}08')$
8 <sup>a</sup>	Acrux	$\alpha$ Cruc	$1^{\circ}05$	$(\delta = -62^{\circ}49')$

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 — jako 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 zviždajke, 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 zviždajke 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 mjeru 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. Znamo 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.

Znamo 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 prostornog gibanja zvijezda, naravno mjereno relativno prema našem stajalištu (uzima se prema središtu Sunca).

4. U četvrtj i petoj tablici navedene su zvijezde sa najvećim vlastitim gibanjem i zvijezde sa najvećim radijalnim gibanjem. Osnovno objašnjenje dano 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  $360^\circ$ .

5. Dalje slijedi tablica 15 najsajajnijih dvojnih zvijezda. Upotrebom dalekozora brzo je bilo otkriveno, da se mnoge zvijezde, koje su za prsto 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. epocha. Kao prvu vizuelnu dvojnju zvijezdu motrio je Riccioli 1650. Mizar (ε UMa). 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 (uporedi točku 3. 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.

6. Posebnu grupu dvojnih zvijezda čine one, kod kojih se binarni karakter očituje u pravilnim promjenama sjaja, te se zovu i fotometričke dvojne zvijezde. Do promjene sjaja dolazi, ako ravnina staze dvojnog sustava prolazi Zemljom ili vrlo blizu nje. Tu jednom u ophodnom vremenu tamnija komponenta zastire svjetliju (nastupa minimum sjaja). To su eklipsne promjenljive zvijezde, i to upravo tipa Algola ( $\beta$  Pers.) (eklipa znači pomrčina). Ali ako su obje komponente približno istog sjaja, onda imamo dva maksimuma i dva minimuma sjaja (glavni i sporedni); to je tip  $\beta$  Lyrae. Glavne takove zvijezde navedene su u sedmoj tablici, dok osma tablica daje podatke za sam Algol (prema »Rocznik astronomiczny obserwatorium krakowskiego 1951«), koji se može promatrati i prostim okom.

7. Tablice devete do jedanaeste daju sjajnije predstavnike triju osnovnih vrsta promjenljivih zvijezda, koje uslijed fizikalnih uzroka mijenjaju svoj sjaj. Najgrublje ih možemo podijeliti u *nepravilno promjenljive* i *pravilno promjenljive* zvijezde. Kod ovih posljednjih javljaju se minimumi odn. maksimumi sjaja u približno stalnom vremenskom razmaku, *periodu* promjene sjaja. Njih dijelimo u *kratkoperiodične* i *dugoperiodične*. Kod prvih iznosi period nekoliko dana ili čak svega nekoliko sati, to su t. zv. cefeide (po najpoznatijoj zvijezdi te vrste  $\delta$  Cephei) važne za određivanje velikih udaljenosti u astronomiji. Kod drugih period iznosi nekoliko stotina dana, približno oko jedne godine ili više njih. Najpoznatiji predstavnik ove vrste je »Čudna« u Kitu (Mira Ceti).

8. *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 1951'0, koji pada 1<sup>d</sup>166 poslije ponoći 1. januara 1951. (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 prijede 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 1951'0, izraženo u dijelovima tropske godine, a  $f, g, h, i, g, H$  veličine, koje su dane ili same ili svojim logaritima u tablici: Konstante za redukciju 1951. 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  $\alpha$  Lava (Regulus) sa koordinatama za 1951'0:  $\alpha_0 = 10^h 05^m 45^s 85$ ,  $\delta_0 = +12^\circ 12' 26'' 9$ , pretvori u prividno mjesto za datum 19. II. 1951. 0<sup>h</sup> svjetskog vremena.

$$\begin{array}{lll} G = 19^h 39^m 7 & H = 20^h 10^m 6 & (\text{Interpolacijom!}) \\ \alpha_0 = 10^h 05^m 8 & \alpha_0 = 10^h 05^m 8 & \delta_0 = +12^\circ 12' 4 \\ G + \alpha_0 = 29^h 45^m 5 & H + \alpha_0 = 30^h 16^m 4 & \\ = 86^\circ 22' 5 & = 94^\circ 06' 0 & \end{array}$$

$\log \operatorname{tg} \delta$	9'3351	$\log \operatorname{sec} \delta$	0'0099
$\log \sin(G + \alpha_0)$	9'9991	$\log \sin(H + \alpha_0)$	9'9989
$\log g$	1'0090	$\log h$	1'2840
$\log g \sin(G + \alpha_0) \operatorname{tg} \delta$	0'3432	$h \sin(H + \alpha_0) \operatorname{sec} \delta$	1'2928
$\log \cos(G + \alpha_0)$	8'8009	$\log \sin \delta$	9'3252
$\log g \cos(G + \alpha_0)$	9'8099	$\log \cos(H + \alpha_0)$	8'8543 n
		$\log h \cos(H + \alpha_0) \sin \delta$	9'4635 n
$\log i$	0'8457 n	$t$	0'1337
$\log \cos \delta$	9'9901	$\mu_\alpha$	-0'5017
$\log i \cos \delta$	0'8358 n	$\mu_\delta$	0''00
$t \mu''$	-0'002	$t \cdot \mu$	0'000
$f$	+0'661	$g \cdot \cos(G + \alpha_0)$	+0'646
$\frac{1}{15} g \cdot \sin(G + \alpha_0) \operatorname{tg} \delta$	+0'147	$h \cos(H + \alpha_0) \sin \delta$	-0'271
$\frac{1}{15} h \cdot \sin(H + \alpha_0) \operatorname{sec} \delta$	+1'308	$i \cdot \cos \delta$	-6'852
$\alpha_{app} - \alpha_0$	+2'114	$\delta_{app} - \delta_0$	-6'48
$\alpha_{app} = 10^h 05^m 47^s 96$		$\delta_{app} = +12^\circ 12' 20'' 4$	

*Napomena*: Ako ispredimo rezultat u ovom primjeru sa podacima velikih astronomskih godišnjaka za prividno mjesto  $\alpha$  Leon na datum 1951. feb. 19'0, vidjet ćemo, da je rezultat točan do uključivo posljednje decimale.

V. POMOĆNE TABLICE

NORMALNA REFRAKCIJA

Visina v	Refrak- cija Ro	v	Ro	v	Ro	v	Ro	v	Ro	v	Ro
0 00	36 36'0	8 00	6 46'8	16 00	3 23'9	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 20'0	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
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	46	0 57'98
10	24 17'8	10	5 58'3	10	3 12'4	10	2 07'3	10	1 31'73	47	56'00
20	23 05'1	20	5 52'2	20	3 10'5	20	2 06'4	20	1 31'15	48	54'07
30	21 58'2	30	5 46'3	30	3 08'6	30	2 05'4	30	1 30'58	49	52'21
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
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	52	46'92
10	18 17'6	10	5 24'6	10	3 01'3	10	2 01'8	10	1 28'34	53	45'26
20	17 32'1	20	5 19'6	20	2 59'6	20	2 00'9	20	1 27'80	54	43'64
30	16 49'7	30	5 14'7	30	2 57'9	30	2 00'0	30	1 27'26	55	42'06
40	16 10'2	40	5 09'9	40	2 56'2	40	1 59'2	40	1 26'71	56	40'52
50	15 33'3	50	5 05'3	50	2 54'6	50	1 58'3	50	1 26'17	57	39'91
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	58	37'54
10	14 26'5	10	4 56'4	10	2 51'4	10	1 56'6	10	1 25'12	59	36'10
20	13 56'2	20	4 52'2	20	2 49'8	20	1 55'8	20	1 24'60	60	34'69
30	13 27'7	30	4 48'1	30	2 48'3	30	1 55'0	30	1 24'08	61	33'31
40	13 00'9	40	4 44'0	40	2 46'8	40	1 54'2	40	1 23'57	62	31'95
50	12 35'6	50	4 40'1	50	2 45'2	50	1 53'4	50	1 23'06	63	30'61
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	64	29'31
10	11 49'3	10	4 32'6	10	2 42'3	10	1 51'8	10	1 22'05	65	28'02
20	11 28'1	20	4 28'9	20	2 40'9	20	1 51'0	20	1 21'55	66	26'75
30	11 08'0	30	4 25'4	30	2 39'5	30	1 50'3	30	1 21'06	67	25'51
40	10 48'9	40	4 21'9	40	2 38'1	40	1 49'5	40	1 20'58	68	24'28
50	10 30'7	50	4 18'5	50	2 36'8	50	1 48'8	50	1 20'09	69	23'07
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	70	21'87
10	9 57'2	10	4 12'0	10	2 34'1	10	1 47'3	10	1 19'12	71	20'69
20	9 41'6	20	4 08'9	20	2 32'8	20	1 46'6	20	1 18'65	72	19'53
30	9 26'7	30	4 05'8	30	2 31'5	30	1 45'9	30	1 18'18	73	18'37
40	9 12'5	40	4 02'8	40	2 30'2	40	1 45'2	40	1 17'71	74	17'23
50	8 59'0	50	3 59'8	50	2 29'0	50	1 44'5	50	1 17'25	75	16'10
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	76	15'00
10	8 33'8	10	3 54'2	10	2 26'6	10	1 43'1	10	1 16'33	77	13'87
20	8 21'9	20	3 51'4	20	2 25'4	20	1 42'4	20	1 15'87	78	12'77
30	8 10'6	30	3 48'7	30	2 24'2	30	1 41'7	30	1 15'42	79	11'68
40	7 59'7	40	3 46'1	40	2 23'0	40	1 41'0	40	1 14'98	80	10'60
50	7 49'3	50	3 43'5	50	2 21'9	50	1 40'6	50	1 14'54	81	9'52
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	82	8'45
10	7 29'7	10	3 38'5	10	2 19'6	10	1 39'1	10	1 13'66	83	7'38
20	7 20'4	20	3 36'1	20	2 18'5	20	1 38'4	20	1 13'23	84	6'31
30	7 11'5	30	3 33'7	30	2 17'4	30	1 37'8	30	1 12'80	85	5'25
40	7 03'0	40	3 31'4	40	2 16'4	40	1 37'2	40	1 12'37	86	4'20
50	6 54'7	50	3 29'1	50	2 15'3	50	1 36'5	50	1 11'94	87	3'15
										88	2'10
										89	1'05
										90	0'00

KOREKCIJA NORMALNIH REFRAKCIJA

t°C	A	t°C	A	p mm Hg	B	p mm Hg	B
-30°	+ 0'129	+ 12°	- 0'044	535	- 0'296	660	- 0'132
28	0'129	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
				610	0'197	735	0'033
-2	+ 0'008	40	0'134	615	0'191	740	0'026
				620	0'184	745	0'020
0	0'000	42	- 0'139	625	0'178	750	0'013
				630	0'171	755	- 0'007
+2	- 0'008	44	0'145	635	0'164	760	0'000
4	0'015	46	0'151	640	0'158	765	+ 0'007
6	0'022	48	0'156	645	0'151	770	0'013
				650	0'145	775	0'020
8	0'030	50	- 0'162	655	- 0'138	780	+ 0'026
+10	- 0'037						

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 izmjerenom visinom  $v$  kao argumentom  $t$ , zv. normalna refrakcija  $R_0$ , koja odgovara temperaturi  $0^\circ\text{C}$  i barometarskom tlaku 760 mm Hg. Tu refrakciju nalazimo u našoj prvoj tablici. Ako u času motrenja imamo temperaturu  $t^\circ\text{C}$  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:  $v = 52^\circ$ ,  $R_0 = 46'' 92$ ;  $v = 53^\circ$ ,  $R_0 = 45'' 26$ ; odavle 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  $60'' 154$ .

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 0	+ 20''	+ 20''	+ 20''	+ 19''	+ 19''	+ 19''	+ 19''	h 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

PRECESIJA U REKTASCENZIJI

$\delta$	-30°	-20°	-10°	0°	+10°	+20°	+30°	+40°	+50°	+60°	$\delta$
h 0	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	h 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	4'20	4'71	3
4	2'40	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	2'40	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	3'43	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	1'91	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	2'40	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	2'40	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	1'91	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

TRAJANJE GRAĐANSKOG SUMRAKA												
Mjeseč	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Maj	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dec.
31	m 32	m 30	m 29	m 30	m 34	m 35	m 34	m 31	m 29	m 29	m 22	m 33
42	33	31	30	31	34	36	35	32	30	30	32	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
16	25	33	32	33	37	40	38	35	32	33	34	36
17	33	34	32	34	38	41	39	36	33	34	35	37

TRAJANJE ASTRONOMSKOG SUMRAKA								
Datum	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	1 39	1 41	1 42	1 44	1 46	1 48	1 51	
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	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.	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	1 57	2 00	2 04	2 07	2 11	2 18	2 25	
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	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	1 55	1 58	2 02	2 05	2 09	2 15	2 25	
Aug. 14	1 47	1 49	1 52	1 54	1 57	2 01	2 05	
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	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	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	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	1 41	1 43	1 45	1 47	1 49	1 51	1 54	

POLUDNEVNI LUK							
φ	41°	42°	43°	44°	45°	46°	47°
δ							
0	h m 8 05	h m 8 09	h m 8 15	h m 8 20	h m 8 26	h m 8 32	h m 8 38
+ 30	7 54	7 58	8 03	8 08	8 13	8 18	8 24
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 27	6 28	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 02	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 6. X. 1951. u Zagrebu ( $\varphi \approx 46^\circ$ ): Jupiter tog dana kulminira u Greenwichu u 23h 35m, dakle u Zagrebu 1h 4m ranije, t. j. u 22h 31m; deklinacija mu je  $+2^\circ$  (prema efemeridama). Iz tablice izlazi, da je polovina dnevnog luka za nebesko tijelo te deklinacije na geografskoj širini  $46^\circ$  jednaka 6h 12m. Oduzmemo li od 22h 31m polovinu dnevnog luka, dakle 6h 12m, dobit ćemo 16h 19m kao vrijeme izlaza Jupitera u Zagrebu; dodavanjem tog vremena dobit ćemo 28h 43m, a to je 4h 43m 7. X. 1951. kao vrijeme zalaza Jupitera u Zagrebu. Prema tome u Zagrebu izlazi Jupiter 6. X. 1951. oko 16¼h, a zalazi 7. X. 1951. oko 4¼h u jutro.



PRETVARANJE ZVJEZDANOG VREMENA  
U SREDNJE VRIJEME

Sati		Minute				Sekunde			
Zvezdano vrijeme	Ekvi- valentni interval srednjega vremena	Zvezdano vrijeme	Ekvi- valentni interval srednjega vremena	Zvezdano vrijeme	Ekvi- valentni interval srednjega vremena	Zvezdano vrijeme	Ekvi- valentni interval srednjega vremena	Zvezdano vrijeme	Ekvi- valentni interval srednjega vremena
1	h m s	m	m s	m	m s	s	s	s	s
1	0 50 50.170	1	0 59'836	31	30 54'921	1	0'997	31	30'915
2	1 50 40.341	2	1 59'672	32	31 54'758	2	1'995	32	31'913
3	2 50 30.511	3	2 59'509	33	32 54'594	3	2'992	33	32'910
4	3 50 20.682	4	3 59'345	34	33 54'430	4	3'989	34	33'907
5	4 50 10.852	5	4 59'181	35	34 54'266	5	4'986	35	34'904
6	5 50 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 04.091	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	59 50'170	30	29'918	60	59'836

Primjer: Pretvoriti 4h29m58s59 zvezdanoga vremena u ekvivalentni interval srednjega vremena.

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

PRETVARANJE SREDNJEGA VREMENA  
U ZVJEZDANO VRIJEME

Sati		Minute				Sekunde			
Srednje vrijeme	Ekvi- valentni interval zvezda- noga vremena	Srednje vrijeme	Ekvi- valentni interval zvezda- noga vremena	Srednje vrijeme	Ekvi- valentni interval zvezda- noga vremena	Srednje vrijeme	Ekvi- valentni interval zvezda- noga vremena	Srednje vrijeme	Ekvi- valentni interval zvezda- noga vremena
h	h m s	m	m s	m	m s	s	s	s	s
1	1 00 09'856	1	1 00'164	31	31 05'093	1	1'003	31	31'085
2	2 00 19'713	2	2 00'329	32	32 05'257	2	2'005	32	32'088
3	3 00 29'569	3	3 00'493	33	33 05'421	3	3'008	33	33'090
4	4 00 39'426	4	4 00'657	34	34 05'585	4	4'011	34	34'093
5	5 00 49'282	5	5 00'821	35	35 05'750	5	5'014	35	35'096
6	6 00 59'139	6	6 00'986	36	36 05'914	6	6'016	36	36'099
7	7 01 08'995	7	7 01'150	37	37 06'078	7	7'019	37	37'101
8	8 01 18'852	8	8 01'314	38	38 06'242	8	8'022	38	38'104
9	9 01 28'708	9	9 01'478	39	39 06'407	9	9'025	39	39'107
10	10 01 38'565	10	10 01'643	40	40 06'571	10	10'027	40	40'110
11	11 01 48'421	11	11 01'807	41	41 06'735	11	11'030	41	41'112
12	12 01 58'278	12	12 01'971	42	42 06'900	12	12'033	42	42'115
13	13 02 08'134	13	13 02'136	43	43 07'064	13	13'036	43	43'118
14	14 02 17'991	14	14 02'300	44	44 07'228	14	14'038	44	44'120
15	15 02 27'847	15	15 02'464	45	45 07'392	15	15'041	45	45'123
16	16 02 37'704	16	16 02'628	46	46 07'557	16	16'044	46	46'126
17	17 02 47'560	17	17 02'793	47	47 07'721	17	17'047	47	47'129
18	18 02 57'417	18	18 02'957	48	48 07'885	18	18'049	48	48'131
19	19 03 07'273	19	19 03'121	49	49 08'049	19	19'052	49	49'134
20	20 03 17'129	20	20 03'285	50	50 08'214	20	20'055	50	50'137
21	21 03 26'986	21	21 03'450	51	51 08'378	21	21'057	51	51'140
22	22 03 36'842	22	22 03'614	52	52 08'542	22	22'060	52	52'142
23	23 03 46'699	23	23 03'778	53	53 08'707	23	23'063	53	53'145
24	24 03 56'555	24	24 03'943	54	54 08'871	24	24'066	54	54'148
		25	25 04'107	55	55 09'035	25	25'068	55	55'151
		26	26 04'271	56	56 09'199	26	26'071	56	56'153
		27	27 04'435	57	57 09'364	27	27'074	57	57'156
		28	28 04'600	58	58 09'528	28	28'077	58	58'159
		29	29 04'764	59	59 09'692	29	29'079	60	59'162
		30	30 04'928	60	60 09'856	30	30'082	59	60'164

Primjer: Pretvoriti 4h 29m 14s36 srednjega vremena u ekvivalentni interval zvezdanoga vremena.

$$\text{Za } \left\{ \begin{array}{l} 4\text{h } 00\text{m } 00\text{s} \text{ sr. vr.} \\ 29 \quad 00 \quad \text{'' ''} \\ \quad \quad 14\text{s}36 \text{ '' ''} \\ \hline 4\text{h } 29\text{m } 14\text{s}36 \text{ sr. vr.} \end{array} \right\} \text{ daje tablica } \left\{ \begin{array}{l} 4\text{h } 00\text{m } 39\text{s}426 \text{ zv. vr.} \\ 29\text{m } 04\text{s}764 \text{ '' ''} \\ \quad \quad 14\text{s}399 \text{ '' ''} \\ \hline 4\text{h } 29\text{m } 58\text{s}59 \text{ zv. vr.} \end{array} \right.$$

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
	0	0.00000	0.04167	0.08333	0.12500	0.16667	0.20833	d 0.00000
	1	0.00050	0.04236	0.08403	0.12569	0.16736	0.20903	0.00050
	2	0.00100	0.04306	0.08472	0.12639	0.16806	0.20972	0.00100
	3	0.00150	0.04375	0.08542	0.12708	0.16875	0.21042	0.00150
	4	0.00200	0.04444	0.08611	0.12778	0.16944	0.21111	0.00200
	5	0.00250	0.04514	0.08681	0.12847	0.17014	0.21181	0.00250
	6	0.00300	0.04583	0.08750	0.12917	0.17083	0.21250	0.00300
	7	0.00350	0.04653	0.08819	0.12980	0.17153	0.21319	0.00350
	8	0.00400	0.04722	0.08889	0.13056	0.17222	0.21389	0.00400
	9	0.00450	0.04792	0.08958	0.13125	0.17292	0.21458	0.00450
	10	0.00500	0.04861	0.09028	0.13194	0.17361	0.21528	0.00500
	11	0.00550	0.04931	0.09097	0.13264	0.17431	0.21597	0.00550
	12	0.00600	0.05000	0.09167	0.13333	0.17500	0.21667	0.00600
	13	0.00650	0.05069	0.09236	0.13403	0.17569	0.21736	0.00650
	14	0.00700	0.05139	0.09306	0.13472	0.17639	0.21806	0.00700
	15	0.00750	0.05208	0.09375	0.13542	0.17708	0.21875	0.00750
	16	0.00800	0.05278	0.09444	0.13611	0.17778	0.21944	0.00800
	17	0.00850	0.05347	0.09514	0.13681	0.17847	0.22014	0.00850
	18	0.00900	0.05417	0.09583	0.13750	0.17917	0.22083	0.00900
	19	0.00950	0.05486	0.09653	0.13819	0.17986	0.22153	0.00950
	20	0.01000	0.05556	0.09722	0.13889	0.18056	0.22222	0.01000
	21	0.01050	0.05625	0.09792	0.13958	0.18125	0.22292	0.01050
	22	0.01100	0.05694	0.09861	0.14028	0.18194	0.22361	0.01100
	23	0.01150	0.05764	0.09931	0.14097	0.18264	0.22431	0.01150
	24	0.01200	0.05833	0.10000	0.14167	0.18333	0.22500	0.01200
	25	0.01250	0.05903	0.10069	0.14236	0.18403	0.22569	0.01250
	26	0.01300	0.05972	0.10139	0.14306	0.18472	0.22639	0.01300
	27	0.01350	0.06042	0.10208	0.14375	0.18542	0.22708	0.01350
	28	0.01400	0.06111	0.10278	0.14444	0.18611	0.22778	0.01400
	29	0.01450	0.06181	0.10347	0.14514	0.18681	0.22847	0.01450

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	0.02083	0.06250	0.10417	0.14583	0.18750	0.22917	d 0.02083
	31	0.02133	0.06319	0.10486	0.14653	0.18819	0.22986	0.02133
	32	0.02182	0.06389	0.10556	0.14722	0.18889	0.23056	0.02182
	33	0.02232	0.06458	0.10625	0.14792	0.18958	0.23125	0.02232
	34	0.02281	0.06528	0.10694	0.14861	0.19028	0.23194	0.02281
	35	0.02331	0.06597	0.10764	0.14931	0.19097	0.23261	0.02331
	36	0.02380	0.06667	0.10833	0.15000	0.19167	0.23333	0.02380
	37	0.02430	0.06736	0.10903	0.15069	0.19236	0.23403	0.02430
	38	0.02479	0.06806	0.10972	0.15139	0.19306	0.23472	0.02479
	39	0.02529	0.06875	0.11042	0.15208	0.19375	0.23542	0.02529
	40	0.02578	0.06944	0.11111	0.15278	0.19444	0.23611	0.02578
	41	0.02627	0.07014	0.11181	0.15347	0.19514	0.23681	0.02627
	42	0.02677	0.07083	0.11250	0.15417	0.19583	0.23750	0.02677
	43	0.02726	0.07153	0.11319	0.15486	0.19653	0.23819	0.02726
	44	0.02776	0.07222	0.11389	0.15556	0.19722	0.23889	0.02776
	45	0.02825	0.07292	0.11458	0.15625	0.19792	0.23958	0.02825
	46	0.02875	0.07361	0.11528	0.15694	0.19861	0.24028	0.02875
	47	0.02924	0.07431	0.11597	0.15764	0.19931	0.24097	0.02924
	48	0.02974	0.07500	0.11667	0.15833	0.20000	0.24167	0.02974
	49	0.03023	0.07569	0.11736	0.15903	0.20069	0.24236	0.03023
	50	0.03073	0.07639	0.11806	0.15972	0.20139	0.24306	0.03073
	51	0.03122	0.07708	0.11875	0.16042	0.20208	0.24375	0.03122
	52	0.03172	0.07778	0.11944	0.16111	0.20278	0.24444	0.03172
	53	0.03221	0.07847	0.12014	0.16181	0.20347	0.24514	0.03221
	54	0.03271	0.07917	0.12083	0.16250	0.20417	0.24583	0.03271
	55	0.03320	0.07986	0.12153	0.16319	0.20486	0.24653	0.03320
	56	0.03370	0.08056	0.12222	0.16389	0.20556	0.24722	0.03370
	57	0.03419	0.08125	0.12292	0.16458	0.20625	0.24792	0.03419
	58	0.03469	0.08194	0.12361	0.16528	0.20694	0.24861	0.03469
	59	0.03518	0.08264	0.12431	0.16600	0.20764	0.24931	0.03518

PRETVARANJE SATOVA, MINUTA I SEKUNDA  
U DECIMALNE DIJELOVE DANA

h		g		f		e		d		c		b		a	
m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
2	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2
3	3	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3
4	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4
5	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5
6	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6
7	7	0	7	0	7	0	7	0	7	0	7	0	7	0	7
8	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8
9	9	0	9	0	9	0	9	0	9	0	9	0	9	0	9
10	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10
11	11	0	11	0	11	0	11	0	11	0	11	0	11	0	11
12	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12
13	13	0	13	0	13	0	13	0	13	0	13	0	13	0	13
14	14	0	14	0	14	0	14	0	14	0	14	0	14	0	14
15	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15
16	16	0	16	0	16	0	16	0	16	0	16	0	16	0	16
17	17	0	17	0	17	0	17	0	17	0	17	0	17	0	17
18	18	0	18	0	18	0	18	0	18	0	18	0	18	0	18
19	19	0	19	0	19	0	19	0	19	0	19	0	19	0	19
20	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20
21	21	0	21	0	21	0	21	0	21	0	21	0	21	0	21
22	22	0	22	0	22	0	22	0	22	0	22	0	22	0	22
23	23	0	23	0	23	0	23	0	23	0	23	0	23	0	23
24	24	0	24	0	24	0	24	0	24	0	24	0	24	0	24
25	25	0	25	0	25	0	25	0	25	0	25	0	25	0	25
26	26	0	26	0	26	0	26	0	26	0	26	0	26	0	26
27	27	0	27	0	27	0	27	0	27	0	27	0	27	0	27
28	28	0	28	0	28	0	28	0	28	0	28	0	28	0	28
29	29	0	29	0	29	0	29	0	29	0	29	0	29	0	29

PRETVARANJE SATOVA, MINUTA I SEKUNDA  
U DECIMALNE DIJELOVE DANA

h		g		f		e		d		c		b		a	
m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s
30	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30
31	31	0	31	0	31	0	31	0	31	0	31	0	31	0	31
32	32	0	32	0	32	0	32	0	32	0	32	0	32	0	32
33	33	0	33	0	33	0	33	0	33	0	33	0	33	0	33
34	34	0	34	0	34	0	34	0	34	0	34	0	34	0	34
35	35	0	35	0	35	0	35	0	35	0	35	0	35	0	35
36	36	0	36	0	36	0	36	0	36	0	36	0	36	0	36
37	37	0	37	0	37	0	37	0	37	0	37	0	37	0	37
38	38	0	38	0	38	0	38	0	38	0	38	0	38	0	38
39	39	0	39	0	39	0	39	0	39	0	39	0	39	0	39
40	40	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40
41	41	0	41	0	41	0	41	0	41	0	41	0	41	0	41
42	42	0	42	0	42	0	42	0	42	0	42	0	42	0	42
43	43	0	43	0	43	0	43	0	43	0	43	0	43	0	43
44	44	0	44	0	44	0	44	0	44	0	44	0	44	0	44
45	45	0	45	0	45	0	45	0	45	0	45	0	45	0	45
46	46	0	46	0	46	0	46	0	46	0	46	0	46	0	46
47	47	0	47	0	47	0	47	0	47	0	47	0	47	0	47
48	48	0	48	0	48	0	48	0	48	0	48	0	48	0	48
49	49	0	49	0	49	0	49	0	49	0	49	0	49	0	49
50	50	0	50	0	50	0	50	0	50	0	50	0	50	0	50
51	51	0	51	0	51	0	51	0	51	0	51	0	51	0	51
52	52	0	52	0	52	0	52	0	52	0	52	0	52	0	52
53	53	0	53	0	53	0	53	0	53	0	53	0	53	0	53
54	54	0	54	0	54	0	54	0	54	0	54	0	54	0	54
55	55	0	55	0	55	0	55	0	55	0	55	0	55	0	55
56	56	0	56	0	56	0	56	0	56	0	56	0	56	0	56
57	57	0	57	0	57	0	57	0	57	0	57	0	57	0	57
58	58	0	58	0	58	0	58	0	58	0	58	0	58	0	58
59	59	0	59	0	59	0	59	0	59	0	59	0	59	0	59

DEPRESIJA HORIZONTA I DALJINA VIDA											
Visina u metrima	Depresija horizontala	Daljina vida		Visina u metrima	Depresija horizontala	Daljina vida		Visina u metrima	Depresija horizontala	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 33	55	13 09	15 58	23 85
2	2 30	2 97	5 30	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 18	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 69	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 91
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 36	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 54
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 32	325	31 56	37 88	70 15
20	7 56	9 40	17 41	45	11 54	14 09	26 00	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 35	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	43 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

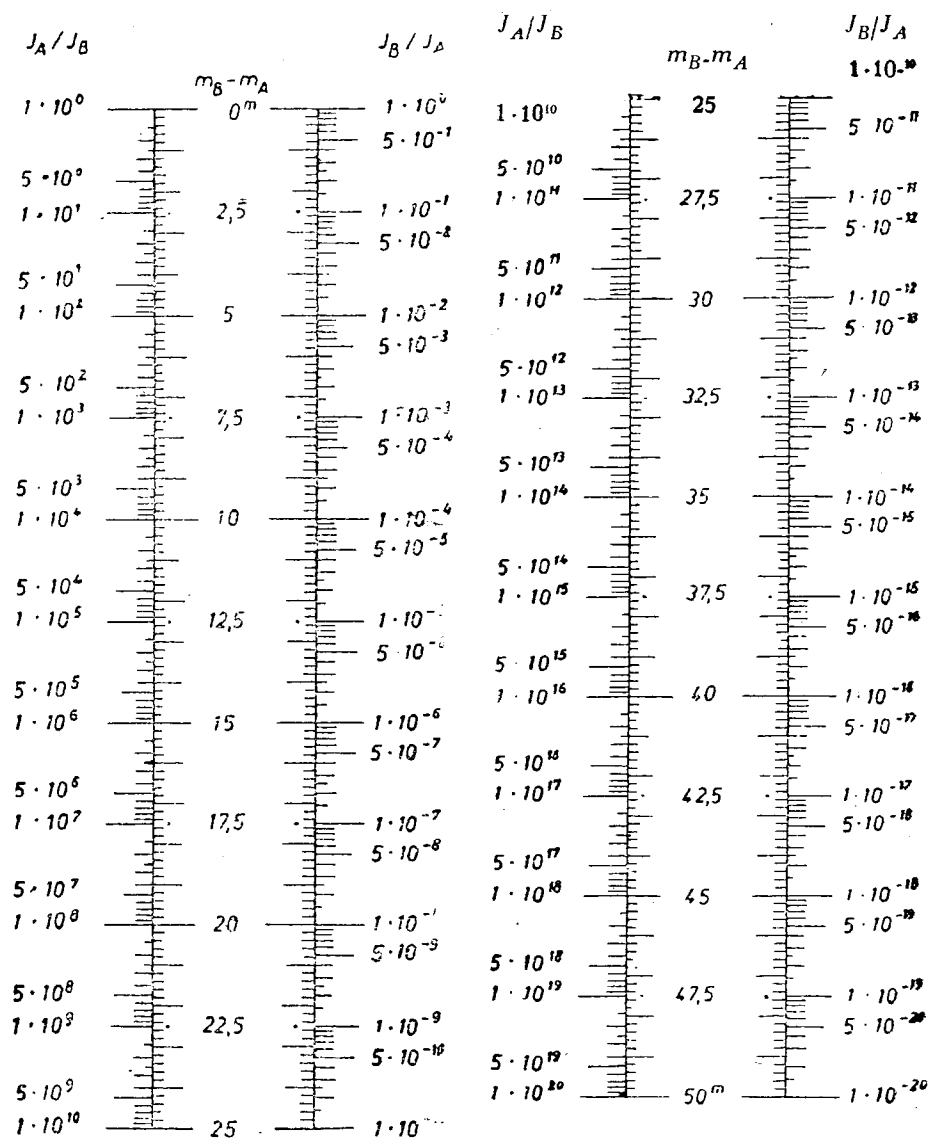
MJERE ZA DALJINE U ASTRONOMIJI										
Jedinica daljine		km		astr. jed.		god. svjet.		parseka		π
Astronom. jedinica	1 495 × 10 <sup>8</sup>	9 460 × 10 <sup>12</sup>	3 084 × 10 <sup>13</sup>	1	63 275	206 264 806	15 802 × 10 <sup>-4</sup>	4 848 × 10 <sup>-4</sup>	0 3068	
Godina svjetlosti	10 000	3 261 563 700	3 261 563 700	1	3 261 563 700	3 261 563 700	3 261 563 700	3 261 563 700	3 261 563 700	3 261 563 700
Parsek	3 261 563 700	3 261 563 700	3 261 563 700	3 261 563 700	3 261 563 700	3 261 563 700	3 261 563 700	3 261 563 700	3 261 563 700	3 261 563 700

PRETVARANJE PRIVIDNIH VELIČINA U APSOLUTNE										
π	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0 00	∞	10 000	8 440	7 661	6 999	6 511	6 111	5 777	5 448	5 123
0 01	5 000	4 779	4 600	4 433	4 277	4 121	3 988	3 855	3 722	3 599
0 02	3 49	3 309	3 229	3 150	3 071	2 992	2 913	2 834	2 755	2 676
0 03	2 61	2 514	2 447	2 381	2 314	2 248	2 182	2 116	2 050	1 984
0 04	1 99	1 944	1 888	1 833	1 778	1 723	1 669	1 614	1 559	1 504
0 05	1 51	1 466	1 422	1 378	1 334	1 290	1 246	1 202	1 158	1 115
0 06	1 11	1 077	1 044	1 010	977	944	910	877	844	811
0 07	0 77	0 744	0 711	0 678	0 645	0 612	0 579	0 546	0 513	0 480
0 08	0 48	0 466	0 443	0 420	0 397	0 374	0 351	0 328	0 305	0 282
0 09	0 23	0 220	0 218	0 216	0 213	0 211	0 209	0 207	0 204	0 202
0 10	0 00	0 200	0 399	0 577	0 739	0 888	1 026	1 155	1 274	1 383
20	1 51	1 611	1 711	1 811	1 910	2 008	2 106	2 204	2 302	2 399
30	2 38	2 455	2 522	2 589	2 656	2 723	2 789	2 856	2 923	2 989
40	3 01	3 066	3 121	3 176	3 231	3 286	3 341	3 396	3 451	3 506
50	3 49	3 544	3 599	3 654	3 709	3 764	3 819	3 874	3 929	3 984

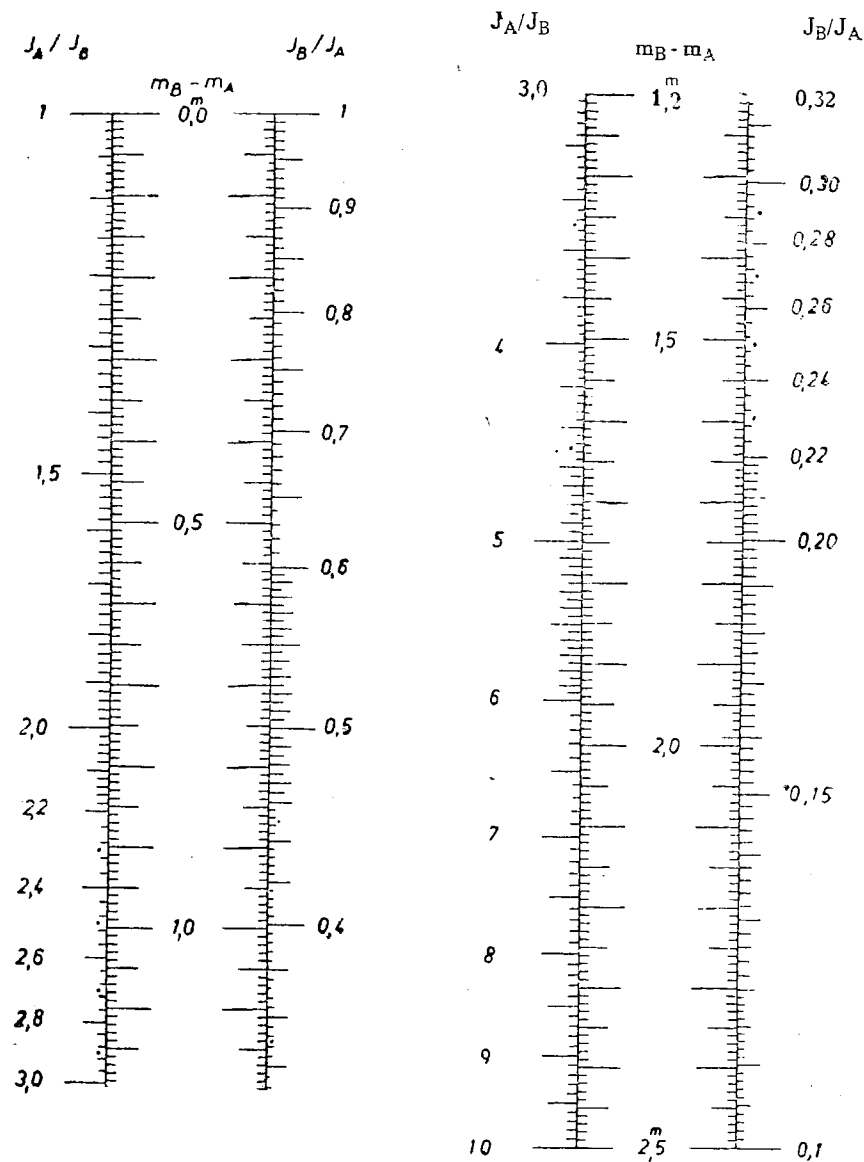
PRETVARANJE RAZLIKE VELIČINA  
U OMJER SJAJA

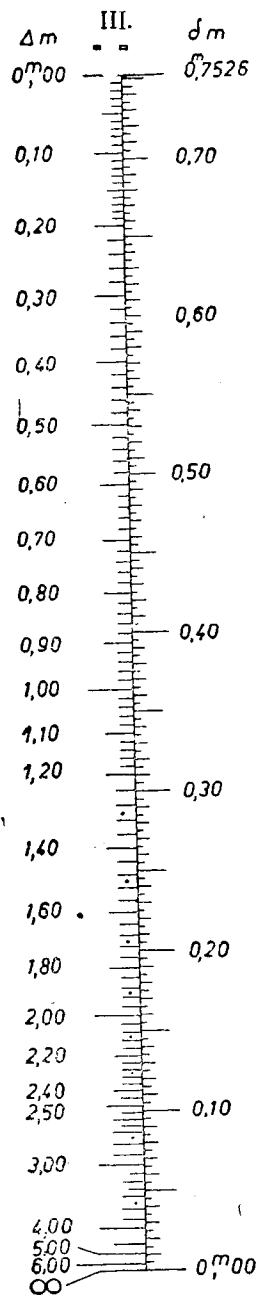
I.



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  $10^9$ , 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  $3,47 \times 10^9$ . Želimo li recipročan odnos  $I_B : I_A$  onda očitamo na skali I. s desne  $10^{-9}$ , a na skali II. 0,288, dakle je ukupni omjer  $0,288 \times 10^{-9}$ .

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 Alfa Centauri na strani 115.

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

GLAVNE SPEKTRALNE LINIJE SUNČEVA SPEKTRA

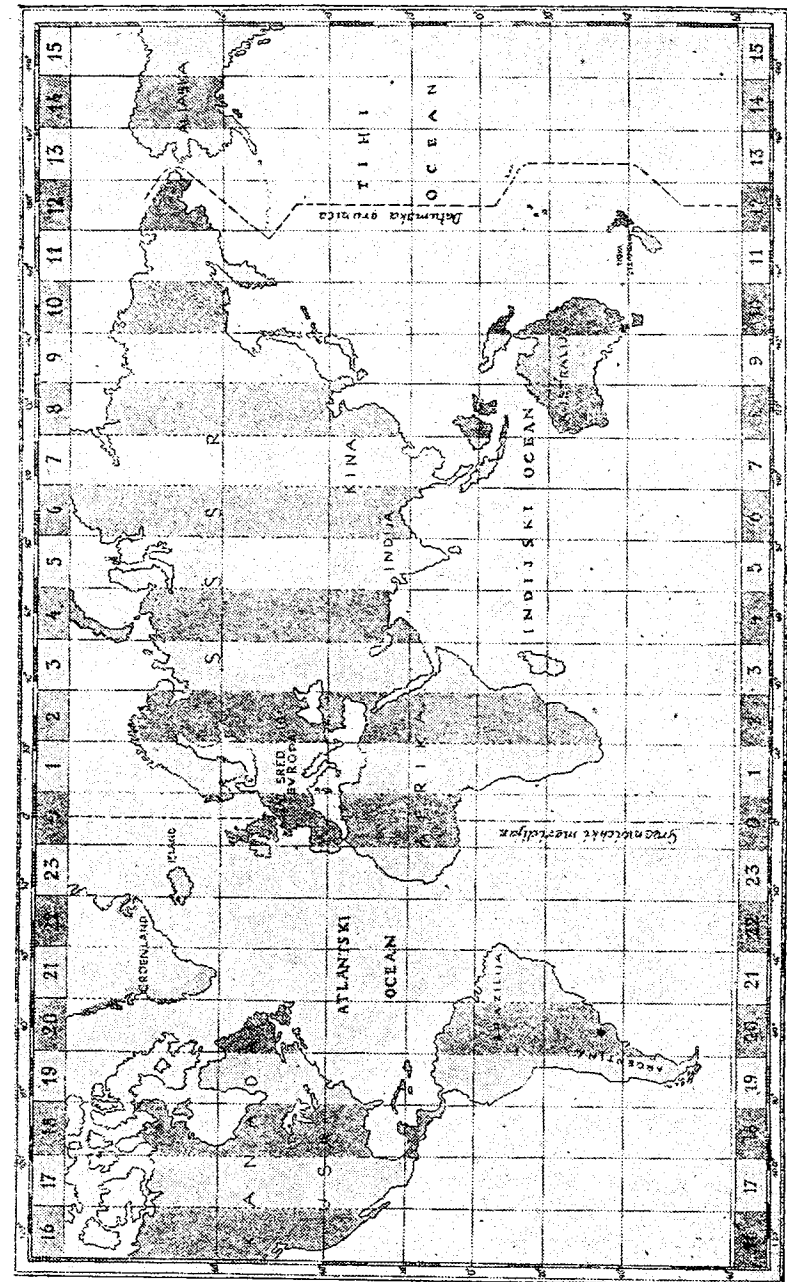
Red. br.	Fraunhofer-ova oznaka linije	Duljina vala Angstrom = 0,1 mμ	Kemijski element	Boja spektra	Red. br.	Fraunhofer-ova oznaka linije	Duljina vala Angstrom = 0,1 mμ	Kemijski element	Boja spektra
1	A	7621,3	O <sub>2</sub> zem. atm.	Infracrvena	23	h	4101,8	Hδ	Ljubičasta
2	a	7504,1	H <sub>2</sub> O	Crvena	24	H	3968,5	Ca+	Ljubičasta
3	B	7184,6	O <sub>2</sub>		25	K	3933,7	Ca+	
4	C	6870,2	Hα	Narančasta	26	L	3820,4	Fe	Ljubičasta
5	C	6562,8	Zemlj. atm.		27	M	3727,6	Fe	
6	α	6278,1	Na	žuta	28	N	3581,2	Fe	Ljubičasta
7	D <sub>1</sub>	5895,9	Na		29	O	3441,0	Fe	
8	D <sub>2</sub>	5890,0	Na	Zelena	29	P	3361,2	Ti	Ljubičasta
9	D <sub>3</sub>	5875,6	He		30	Q	3286,8	Fe	
10	E <sub>1</sub>	5270,3	Fe, Ca	Plava	31	R	3181,3	Ca	Ljubičasta
11	E <sub>2</sub>	5260,5	Fe		32	r	3170,3	Ca	
12	b <sub>1</sub>	5183,0	Mg	Modra	33	S <sub>1</sub>	3144,3	Fe	Ljubičasta
13	b <sub>2</sub>	5172,7	Mg		34	r	3109,7	Fe	
14	b <sub>3</sub>	5169,0	Fe, Mg	Modra	35	S <sub>2</sub>	3100,3	Fe	Ljubičasta
15	b <sub>4</sub>	5167,4	Fe, Mg		36	s	3099,9	Fe	
16	F	4861,4	Hβ	Modra	37	S <sub>2</sub>	3047,0	Fe	Ljubičasta
17	d	4333,5	Fe		38	s	3021,0	Fe	
18	G'	4340,4	Hγ	Modra	39	T	2994,4	Fe	Ljubičasta
19	f	4323,8	Fe		40	t	2980,0	Fe	
20	G	4307,9	Fe, Ti	Modra	41	U	2947,4	Fe	Ljubičasta
21	G	4307,7	Ca		42	U	2947,4	Fe	
22	g	4220,7	Ca						

## VREMENSKE ZONE

Vri-jeme	Oznaka zone	Ime zemlje	Vri-jeme	Oznaka zone	Ime zemlje
0 h	Zapadno-evropsko vrijeme	Velika Britanija, Belgija, Francuska, Pirenejski poluotok, Alžir	12 h	—	Pidi otoci
1 h	Srednje evropsko vrijeme	Skandinavija, srednja Evropa, Italija, Balkan fran. Afrika	13 h	Samoa Standard Time	Samoa, Aleuti, Alaska zap. od 182° zap. dulj., Hawaji **)
2 h	Istočno-evropsko vrijeme	Istočno-evropske države, Finska, Grčka, Turska, Palestina, Egipat, brit. Afrika **)	14 h	—	Alaska između 141°—162° duljine
3 h	—	Evropska Rusija zapadno od dulj. 40°. Somalija, Eritreja, Madagaskar **)	15 h	Alaska Standard Time	Alaska istočno od 141° zap. duljine, Yukon
4 h	—	Evropska Rusija 40°—52°30' ist. duljine Mauritius *)	16 h	Pacific Standard Time	Zapad, obala USA i Kanade, sjv. Mexico
5 h	—	Pred. Indija. **) Ceylon	17 h	Mountain Standard Time	Gorski dijelovi USA i Kanade
6 h	—	Burma **)	18 h	Central Standard Time	Centralni dijelovi USA i Kanade, juž. Mexico Honduras
7 h	Južnokinesko primorsko vrijeme	Indokina, Siam, Indonezija **)	19 h	Eastern Standard Time	Istoč. obala USA, Panama, Peru, Ekvador, Bolivija, Kolumbija, zap. Brazilija
8 h	Istočno-kinesko primorsko vrijeme	Zap. Australija, Filipini, Celebes, istočno kinesko primorje	20 h	Atlantic Standard Time	Čile, Bolivija, srednja Brazilija, Argentina, Antili, istočna Kanada
9 h	Srednje japansko vrijeme	Japan, Koreja, J. Australija **)	21 h	—	Istočna Brazilija, zap. Grönland
10 h	Istočno-australsko vrijeme	Istoč. Australija, Tasmanija, Karolini, Nova Gvineja	22 h	—	Istočni Grönland, Azori, Cap Verde otoci
11 h	—	New Zealand **)	23 h	—	Island, zap. Afrika

\*) U cijelom SSSR vrijedi t. zv. dekretno vrijeme, po kojemu su svi satovi pomaknuti 1 h naprijed.

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



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	Bihac . . .	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 59 49	1 07 23.2	- 7 23.2
6	Oelje . . .	241	46 13 40	15 16 05	1 01 01.3	- 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 29.1
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 . . .	293	46 03 09	14 21 13	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 19 22.7	- 19 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 53 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	+ 4 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 45.3	- 5 45.8
31	Subotica . . .	114	46 06 09	19 40 12	1 18 40.8	- 18 40.8
32	Stip . . .	303	41 44 36	22 13 16	1 28 53.1	- 28 53.1
33	Tetovo . . .	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 09	1 19 24.0	- 19 24.0
36	Trst . . .	68	45 33 36	13 46 14	0 55 04.9	+ 4 55.1
37	Tuzla . . .	232	44 32 17	13 41 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 29 07.3	- 29 07.3

\*) Zelj. stanica 70 m

UPOTREBA TABLICA LOGARITAMA, SINUSA I TANGENSA

1. Tablice logaritama, antilogaritama, prirodnih sinusa i tangensa koje slijede na str. 144—151 omogućavaju nam, da izvedemo račune potrebne kod primjene podataka ovog almanaha na rješavanje raznih astronomskih zadataka. Uzmimo kao primjer određivanje prividnog mjesta zvijezde  $\alpha$  Lava (Regulus) sa str. 119.

Trebamo najprije odrediti  $\log \operatorname{tg} \delta$ , gdje je  $\delta = 12^\circ 207$ . U tablici »Prirodni tangensi« na str. 150 nalazimo u retku 12 a stupcu  $2^\circ$  broj 0.2162, u stupcu  $3^\circ$  broj 0.2180. Prema tome se vrijednost tangensa mijenja sa 0.0018, ako se kut promijeni za  $0.1^\circ$ . Za razliku od 0.007 dobivamo onda 0.0001. Dakle je  $\operatorname{tg} \delta = \operatorname{tg} 12^\circ 207 = 0.2163$ .

Sad potražimo logaritam tog broja u tablici »Mantise logaritama« na str. 144. Karakteristika logaritma 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  $\log 0.2163 = \log \operatorname{tg} 12^\circ 207 = 9.3351$  (—10). Taj je rezultat naveden na str. 119.

2. Kad smo tako u istom primjeru našli na pr. vrijednost izraza  $\log (g \cdot \sin (G + \alpha_0) \cdot \operatorname{tg} \delta) = 0.3432$ , treba naći antilogaritmiranjem sam numerus  $g \cdot \sin (G + \alpha_0) \cdot \operatorname{tg} \delta$ . U tu svrhu uzmemo tablicu »Antilogaritmi« na str. 146 i nalazimo u retku 0.34 (stupca »Log«) a stupcu 3 broj 2203. Na desnom kraju iste tablice u istom retku nalazimo posljednju znamenku zadanog logaritma 2 u stupcu, koji odgovara brojkama 3 ili 4. Dakle je vrijednost traženog izraza 2.206 ili 2.207 (broj cijelih mjesta određen je prema karakteristici 0 zadanog logaritma). Podijelimo li taj broj još sa 15, dobivamo u oba slučaja na tri decimale točno baš kao na str. 119:

$$\frac{1}{15} \cdot g \cdot \sin (G + \alpha_0) \cdot \operatorname{tg} \delta = 0.147.$$

3. Trebamo li neku drugu trigonometrijsku funkciju ošim sin ili tg, na pr.  $\cos \delta = \cos 12^\circ 207$  možemo se najzgodnije poslužiti vezom  $\operatorname{tg} \delta = \frac{\sin \delta}{\cos \delta}$ , dakle  $\sin \delta : \operatorname{tg} \delta = \cos \delta$ .

Za  $\sin 12^\circ 207$  nalazimo u tablici »Prirodni sinusi« na str. 148 u retku 12 a stupcu  $2^\circ$  broj 0.2113. U stupcu  $3^\circ$  je 0.2130, razlika za  $0.1^\circ$  je 0.0017, dakle za 0.007 izlazi 0.0001. Prema tome je  $\sin \delta = \sin 12^\circ 207 = 0.2114$ .

Sad nalazimo direktno dijeljenjem  $\sin \delta : \operatorname{tg} \delta = \cos \delta = \cos 12^\circ 207 = 0.9773$ .

Možemo i logaritima, od kojih  $\log \operatorname{tg} \delta$  već imamo: 9.3351—10. Jednako kao prije nalazimo  $\log \sin \delta = \log \sin 12^\circ 207 = 9.3251$  (str. 119). je prema točnijim tablicama ovaj broj 9.3252), dakle  $\log \cos \delta = \log \sin \delta - \log \operatorname{tg} \delta = (9.3252 - 10) - (9.3351 - 10) = 9.9901 - 10$ . Antilogaritama je prema str. 147 u retku 0.99 a stupcu 0, nakon korekture za četvrtu decimalu, isti: 0.9773.



MANTISE LOGARITAMA

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

MANTISE LOGARITAMA

Prir. 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	1	2	3	4	5	6	7	8
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551	1	2	2	3	4	5	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	9
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627	1	2	2	3	4	5	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	9
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701	1	2	2	3	4	5	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	9
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774	1	2	2	3	4	5	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	9
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846	1	2	2	3	4	5	5	6	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917	1	2	2	3	4	5	5	6	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987	1	2	2	3	4	5	5	6	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055	1	2	2	3	4	5	5	6	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122	1	2	2	3	4	5	5	6										

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	1	2	2	2	3
.11	1288	1291	1294	1297	1300	1303	1306	1309	1312	1315	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.12	1318	1321	1324	1327	1330	1334	1337	1340	1343	1346	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.13	1349	1352	1355	1358	1361	1365	1368	1371	1374	1377	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.14	1380	1384	1387	1390	1393	1396	1400	1403	1406	1409	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.15	1413	1416	1419	1422	1426	1429	1432	1435	1439	1442	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.16	1445	1449	1452	1455	1459	1462	1466	1469	1472	1476	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.17	1479	1483	1486	1489	1493	1496	1500	1503	1507	1510	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.18	1514	1517	1521	1524	1528	1531	1535	1538	1542	1545	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.19	1549	1552	1556	1560	1563	1567	1570	1574	1578	1581	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.20	1585	1589	1592	1596	1600	1603	1607	1611	1614	1618	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.21	1622	1626	1629	1633	1637	1641	1644	1648	1652	1656	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.22	1660	1663	1667	1671	1675	1679	1683	1687	1690	1694	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.23	1698	1702	1706	1710	1714	1718	1722	1726	1730	1734	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.24	1738	1742	1746	1750	1754	1758	1762	1766	1770	1774	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.25	1778	1782	1786	1791	1795	1799	1803	1807	1811	1816	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.26	1820	1824	1828	1832	1837	1841	1845	1849	1854	1858	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.27	1862	1866	1871	1875	1879	1884	1888	1892	1897	1901	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.28	1905	1910	1914	1919	1923	1928	1932	1936	1941	1945	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.29	1950	1954	1959	1963	1968	1972	1977	1982	1986	1991	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.30	1995	2000	2004	2009	2014	2018	2023	2028	2032	2037	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.31	2042	2046	2051	2056	2061	2065	2070	2075	2080	2084	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.32	2089	2094	2099	2104	2109	2113	2118	2123	2128	2133	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.33	2138	2143	2148	2153	2158	2163	2168	2173	2178	2183	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.34	2188	2193	2198	2203	2208	2213	2218	2223	2228	2234	1	1	1	1	2	2	2	2	3
.35	2239	2244	2249	2254	2259	2265	2270	2275	2280	2286	1	1	1	1	2	2	2	2	3
.36	2291	2296	2301	2307	2312	2317	2323	2328	2333	2339	1	1	1	1	2	2	2	2	3
.37	2344	2350	2355	2360	2366	2371	2377	2382	2388	2393	1	1	1	1	2	2	2	2	3
.38	2399	2404	2410	2415	2421	2427	2432	2438	2443	2449	1	1	1	1	2	2	2	2	3
.39	2455	2460	2466	2472	2477	2483	2489	2495	2500	2506	1	1	1	1	2	2	2	2	3
.40	2512	2518	2523	2529	2535	2541	2547	2553	2559	2564	1	1	1	1	2	2	2	2	3
.41	2570	2576	2582	2588	2594	2600	2606	2612	2618	2624	1	1	1	1	2	2	2	2	3
.42	2630	2636	2642	2649	2655	2661	2667	2673	2679	2685	1	1	1	1	2	2	2	2	3
.43	2692	2698	2704	2710	2716	2723	2729	2735	2742	2748	1	1	1	1	2	2	2	2	3
.44	2754	2761	2767	2773	2780	2786	2793	2799	2805	2812	1	1	1	1	2	2	2	2	3
.45	2818	2825	2831	2838	2844	2851	2858	2864	2871	2877	1	1	1	1	2	2	2	2	3
.46	2884	2891	2897	2904	2911	2917	2924	2931	2938	2944	1	1	1	1	2	2	2	2	3
.47	2951	2958	2965	2972	2979	2985	2992	2999	3006	3013	1	1	1	1	2	2	2	2	3
.48	3020	3027	3034	3041	3048	3055	3062	3069	3076	3083	1	1	1	1	2	2	2	2	3
.49	3090	3097	3105	3112	3119	3126	3133	3141	3148	3155	1	1	1	1	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	4	5	5	6
.52	3311	3319	3327	3334	3342	3350	3357	3365	3373	3381	1	2	2	3	4	4	5	5	6
.53	3388	3396	3404	3412	3420	3428	3436	3444	3451	3459	1	2	2	3	4	4	5	5	6
.54	3467	3475	3483	3491	3499	3508	3516	3524	3532	3540	1	2	2	3	4	4	5	5	6
.55	3548	3556	3565	3573	3581	3589	3597	3606	3614	3622	1	2	2	3	4	4	5	5	6
.56	3631	3639	3648	3656	3664	3673	3681	3690	3698	3707	1	2	2	3	4	4	5	5	6
.57	3715	3724	3733	3741	3750	3758	3767	3776	3784	3793	1	2	2	3	4	4	5	5	6
.58	3802	3811	3819	3828	3837	3846	3855	3864	3873	3882	1	2	2	3	4	4	5	5	6
.59	3890	3899	3908	3917	3926	3935	3945	3954	3963	3972	1	2	2	3	4	4	5	5	6
.60	3981	3990	3999	4009	4018	4027	4036	4046	4055	4064	1	2	2	3	4	4	5	5	6
.61	4074	4083	4093	4102	4111	4121	4130	4140	4150	4159	1	2	2	3	4	4	5	5	6
.62	4169	4178	4188	4198	4207	4217	4227	4236	4246	4256	1	2	2	3	4	4	5	5	6
.63	4266	4276	4285	4295	4305	4315	4325	4335	4345	4355	1	2	2	3	4	4	5	5	6
.64	4365	4375	4385	4395	4406	4416	4426	4436	4446	4457	1	2	2	3	4	4	5	5	6
.65	4467	4477	4487	4498	4508	4519	4529	4539	4550	4560	1	2	2	3	4	4	5	5	6
.66	4571	4581	4592	4603	4613	4624	4634	4645	4656	4667	1	2	2	3	4	4	5	5	6
.67	4677	4688	4699	4710	4721	4732	4742	4753	4764	4775	1	2	2	3	4	4	5	5	6
.68	4786	4797	4808	4819	4831	4842	4853	4864	4875	4887	1	2	2	3	4	4	5	5	6
.69	4898	4909	4920	4932	4943	4955	4966	4977	4989	5000	1	2	2	3	4	4	5	5	6
.70	5012	5023	5035	5047	5058	5070	5082	5093	5105	5117	1	2	2	3	4	4	5	5	6
.71	5129	5140	5152	5164	5176	5188	5200	5212	5224	5236	1	2	2	3	4	4	5	5	6
.72	5248	5260	5272	5284	5297	5309	5321	5333	5346	5358	1	2	2	3	4	4	5	5	6
.73	5370	5383	5395	5408	5420	5433	5445	5458	5470	5483	1	3	3	4	4	5	5	6	6
.74	5495	5508	5521	5534	5546	5559	5572	5585	5598	5610	1	3	3	4	4	5	5	6	6
.75	5623	5636	5649	5662	5675	5689	5702												

PRIRODNI SINUSI

	·0°	·1°	·2°	·3°	·4°	·5°	·6°	·7°	·8°	·9°
0°	.0000	0017	0035	0052	0070	0087	0105	0122	0140	0157
1	.0175	0192	0209	0227	0244	0262	0279	0297	0314	0332
2	.0349	0366	0384	0401	0419	0436	0454	0471	0488	0506
3	.0523	0541	0558	0576	0593	0610	0628	0645	0663	0680
4	.0698	0715	0732	0750	0767	0785	0802	0819	0837	0854
5	.0872	0889	0906	0924	0941	0958	0976	0993	1011	1028
6	.1045	1063	1080	1097	1115	1132	1149	1167	1184	1201
7	.1219	1236	1253	1271	1288	1305	1323	1340	1357	1374
8	.1392	1409	1426	1444	1461	1478	1495	1513	1530	1547
9	.1564	1582	1599	1616	1633	1650	1668	1685	1702	1719
10	.1736	1754	1771	1788	1805	1822	1840	1857	1874	1891
11	.1908	1925	1942	1959	1977	1994	2011	2028	2045	2062
12	.2079	2096	2113	2130	2147	2164	2181	2198	2215	2233
13	.2250	2267	2284	2301	2317	2334	2351	2368	2385	2402
14	.2419	2436	2453	2470	2487	2504	2521	2538	2554	2571
15	.2588	2605	2622	2639	2656	2672	2689	2706	2723	2744
16	.2756	2773	2790	2807	2823	2840	2857	2874	2890	2907
17	.2924	2940	2957	2974	2990	3007	3024	3040	3057	3074
18	.3090	3107	3123	3140	3156	3173	3190	3206	3223	3239
19	.3256	3272	3289	3305	3322	3338	3355	3371	3387	3404
20	.3420	3437	3453	3469	3486	3502	3518	3535	3551	3567
21	.3584	3600	3616	3633	3649	3665	3681	3697	3714	3730
22	.3746	3762	3778	3795	3811	3827	3843	3859	3875	3891
23	.3907	3923	3939	3955	3971	3987	4003	4019	4035	4051
24	.4067	4083	4099	4115	4131	4147	4163	4179	4195	4210
25	.4226	4242	4258	4274	4289	4305	4321	4337	4352	4368
26	.4384	4399	4415	4431	4446	4462	4478	4493	4509	4524
27	.4540	4555	4571	4586	4602	4617	4633	4648	4664	4679
28	.4695	4710	4726	4741	4756	4772	4787	4802	4818	4833
29	.4848	4863	4879	4894	4909	4924	4939	4955	4970	4985
30	.5000	5015	5030	5045	5060	5075	5090	5105	5120	5135
31	.5150	5165	5180	5195	5210	5225	5240	5255	5270	5284
32	.5299	5314	5329	5344	5358	5373	5388	5402	5417	5432
33	.5446	5461	5476	5490	5505	5519	5534	5548	5563	5577
34	.5592	5606	5621	5635	5650	5664	5678	5693	5707	5721
35	.5736	5750	5764	5779	5793	5807	5821	5835	5850	5864
36	.5878	5892	5906	5920	5934	5948	5962	5976	5990	6004
37	.6018	6032	6046	6060	6074	6088	6101	6115	6129	6143
38	.6157	6170	6184	6198	6211	6225	6239	6252	6266	6280
39	.6293	6307	6320	6334	6347	6361	6374	6388	6401	6414
40	.6428	6441	6455	6468	6481	6494	6508	6521	6534	6547
41	.6561	6574	6587	6600	6613	6626	6639	6652	6665	6678
42	.6691	6704	6717	6730	6743	6756	6769	6782	6794	6807
43	.6820	6833	6845	6858	6871	6884	6896	6909	6921	6934
44	.6947	6959	6972	6984	6997	7009	7022	7034	7046	7059

PRIRODNI SINUSI

	·0°	·1°	·2°	·3°	·4°	·5°	·6°	·7°	·8°	·9°
45°	.7071	7083	7096	7108	7120	7133	7145	7157	7169	7181
46	.7193	7206	7218	7230	7242	7254	7266	7278	7290	7302
47	.7314	7325	7337	7349	7361	7373	7385	7396	7408	7420
48	.7431	7443	7455	7466	7478	7490	7501	7513	7524	7536
49	.7547	7559	7570	7581	7593	7604	7615	7627	7638	7649
50	.7660	7672	7683	7694	7705	7716	7727	7738	7749	7760
51	.7771	7782	7793	7804	7815	7826	7837	7848	7859	7869
52	.7880	7891	7902	7912	7923	7934	7944	7955	7965	7976
53	.7986	7997	8007	8018	8028	8039	8049	8059	8070	8080
54	.8090	8100	8111	8121	8131	8141	8151	8161	8171	8181
55	.8192	8202	8211	8221	8231	8241	8251	8261	8271	8281
56	.8290	8300	8310	8320	8329	8339	8348	8358	8368	8377
57	.8387	8396	8406	8415	8425	8434	8443	8453	8462	8471
58	.8480	8490	8499	8508	8517	8526	8536	8545	8554	8563
59	.8572	8581	8590	8599	8607	8616	8625	8634	8643	8652
60	.8660	8669	8678	8686	8695	8704	8712	8721	8729	8738
61	.8746	8755	8763	8771	8780	8788	8796	8805	8813	8821
62	.8829	8838	8846	8854	8862	8870	8878	8886	8894	8902
63	.8910	8918	8926	8934	8942	8949	8957	8965	8973	8980
64	.8988	8996	9003	9011	9018	9026	9033	9041	9048	9056
65	.9063	9070	9078	9085	9092	9100	9107	9114	9121	9128
66	.9135	9143	9150	9157	9164	9171	9178	9184	9191	9198
67	.9205	9212	9219	9225	9232	9239	9245	9252	9259	9265
68	.9272	9278	9285	9298	9298	9304	9311	9317	9323	9330
69	.9336	9342	9348	9354	9361	9367	9373	9379	9385	9391
70	.9397	9403	9409	9415	9421	9426	9432	9438	9444	9449
71	.9455	9461	9466	9472	9478	9483	9489	9494	9500	9505
72	.9511	9516	9521	9527	9532	9537	9542	9548	9553	9558
73	.9563	9568	9573	9578	9583	9588	9593	9598	9603	9608
74	.9613	9617	9622	9627	9632	9636	9641	9646	9650	9655
75	.9659	9664	9668	9673	9677	9681	9686	9690	9694	9699
76	.9703	9707	9711	9715	9720	9724	9728	9732	9736	9740
77	.9744	9748	9751	9755	9759	9763	9767	9770	9774	9778
78	.9781	9785	9789	9792	9796	9799	9803	9806	9810	9813
79	.9816	9820	9823	9826	9829	9833	9836	9839	9842	9845
80	.9848	9851	9854	9857	9860	9863	9866	9869	9871	9874
81	.9877	9880	9882	9885	9888	9890	9893	9895	9898	9900
82	.9903	9905	9907	9910	9912	9914	9917	9919	9921	9923
83	.9925	9928	9930	9932	9934	9936	9938	9940	9942	9943
84	.9945	9947	9949	9951	9952	9954	9956	9957	9959	9960
85	.9962	9963	9965	9966	9968	9969	9971	9972	9973	9974
86	.9976	9977	9978	9979	9980	9981	9982	9983	9984	9985
87	.9986	9987	9988	9989	9990	9990	9991	9992	9993	9993
88	.9994	9995	9995	9996	9996	9997	9997	9997	9998	9998
89	.9998	9999	9999	9999	9999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

PRIRODNI TANGENSI

	·0°	·1°	·2°	·3°	·4°	·5°	·6°	·7°	·8°	·9°
0°	0.0000	0017	0035	0052	0070	0087	0105	0122	0140	0157
1	0.0175	0192	0209	0227	0244	0262	0279	0297	0314	0332
2	0.0349	0367	0384	0402	0419	0437	0454	0472	0489	0507
3	0.0524	0542	0559	0577	0594	0612	0629	0647	0664	0682
4	0.0699	0717	0734	0752	0769	0787	0805	0822	0840	0857
5	0.0875	0892	0910	0928	0945	0963	0981	0998	1016	1033
6	0.1051	1069	1086	1104	1122	1139	1157	1175	1192	1210
7	0.1228	1246	1263	1281	1299	1317	1334	1352	1370	1388
8	0.1405	1423	1441	1459	1477	1495	1512	1530	1548	1566
9	0.1584	1602	1620	1638	1655	1673	1691	1709	1727	1745
10	0.1763	1781	1799	1817	1835	1853	1871	1890	1908	1926
11	0.1944	1962	1980	1998	2016	2035	2053	2071	2089	2107
12	0.2126	2144	2162	2180	2199	2217	2235	2254	2272	2290
13	0.2309	2327	2345	2364	2382	2401	2419	2438	2456	2475
14	0.2493	2512	2530	2549	2568	2586	2605	2623	2642	2661
15	0.2679	2698	2717	2736	2754	2773	2792	2811	2830	2849
16	0.2867	2886	2905	2924	2943	2962	2981	3000	3019	3033
17	0.3057	3076	3096	3115	3134	3153	3172	3191	3211	3230
18	0.3249	3269	3288	3307	3327	3346	3365	3385	3404	3424
19	0.3443	3463	3482	3502	3522	3541	3561	3581	3600	3620
20	0.3640	3659	3679	3699	3719	3739	3759	3779	3799	3819
21	0.3839	3859	3879	3899	3919	3939	3959	3979	4000	4020
22	0.4040	4061	4081	4101	4122	4142	4163	4183	4204	4224
23	0.4245	4265	4286	4307	4327	4348	4369	4390	4411	4431
24	0.4452	4473	4494	4515	4536	4557	4578	4599	4621	4642
25	0.4663	4684	4706	4727	4748	4770	4791	4813	4834	4856
26	0.4877	4899	4921	4942	4964	4986	5008	5029	5051	5073
27	0.5095	5117	5139	5161	5184	5206	5228	5250	5272	5295
28	0.5317	5340	5362	5384	5407	5430	5452	5475	5498	5520
29	0.5543	5566	5589	5612	5635	5658	5681	5704	5727	5750
30	0.5774	5797	5820	5844	5867	5890	5914	5938	5961	5985
31	0.6009	6032	6056	6080	6104	6128	6152	6176	6200	6224
32	0.6249	6273	6297	6322	6346	6371	6395	6420	6445	6469
33	0.6494	6519	6544	6569	6594	6619	6644	6669	6694	6720
34	0.6745	6771	6796	6822	6847	6873	6899	6924	6950	6976
35	0.7002	7028	7054	7080	7107	7133	7159	7186	7212	7239
36	0.7265	7292	7319	7346	7373	7400	7427	7454	7481	7508
37	0.7536	7563	7590	7618	7646	7673	7701	7729	7757	7785
38	0.7813	7841	7869	7898	7926	7954	7983	8012	8040	8069
39	0.8098	8127	8156	8185	8214	8243	8273	8302	8332	8361
40	0.8391	8421	8451	8481	8511	8541	8571	8601	8632	8662
41	0.8693	8724	8754	8785	8816	8847	8878	8910	8941	8972
42	0.9004	9036	9067	9099	9131	9163	9195	9228	9260	9293
43	0.9325	9358	9391	9424	9457	9490	9523	9556	9590	9623
44	0.9657	9691	9725	9759	9793	9827	9861	9896	9930	9965
45	1.0000	0035	0070	0105	0141	0176	0212	0247	0283	0319
46	1.0355	0392	0428	0464	0501	0538	0575	0612	0649	0686
47	1.0724	0761	0799	0837	0875	0913	0951	0990	1028	1067

PRIRODNI TANGENSI

	·0°	·1°	·2°	·3°	·4°	·5°	·6°	·7°	·8°	·9°
48°	1.1106	1145	1184	1224	1263	1303	1343	1383	1423	1463
49	1.1504	1544	1585	1626	1667	1708	1750	1792	1833	1875
50	1.1918	1960	2002	2045	2088	2131	2174	2218	2261	2305
51	1.2349	2393	2437	2482	2527	2572	2617	2662	2708	2753
52	1.2799	2846	2892	2938	2985	3032	3079	3127	3175	3222
53	1.3270	3319	3367	3416	3465	3514	3564	3613	3663	3713
54	1.3764	3814	3865	3916	3968	4019	4071	4124	4176	4229
55	1.4281	4335	4388	4442	4496	4550	4605	4659	4715	4770
56	1.4826	4882	4938	4994	5051	5108	5166	5224	5282	5340
57	1.5399	5458	5517	5577	5637	5697	5757	5818	5880	5941
58	1.6003	6066	6128	6191	6255	6319	6383	6447	6512	6577
59	1.6643	6709	6775	6842	6909	6977	7045	7113	7182	7251
60	1.7321	7391	7461	7532	7603	7675	7747	7820	7893	7966
61	1.8040	8115	8190	8265	8341	8418	8495	8572	8650	8728
62	1.8807	8887	8967	9047	9128	9210	9292	9375	9458	9542
63	1.9626	9711	9797	9883	9970	0057	0145	0233	0323	0413
64	2.0503	0594	0686	0778	0872	0965	1060	1155	1251	1348
65	2.1445	1543	1642	1742	1842	1943	2045	2148	2251	2355
66	2.2460	2566	2673	2781	2889	2998	3109	3220	3332	3445
67	2.3559	3673	3789	3906	4023	4142	4262	4383	4504	4627
68	2.4751	4876	5002	5129	5257	5386	5517	5649	5782	5916
69	2.6051	6187	6325	6464	6605	6746	6889	7034	7179	7326
70	2.7475	7625	7776	7929	8083	8239	8397	8556	8716	8878
71	2.9042	9208	9375	9544	9714	9887	0061	0237	0415	0595
72	3.0777	0961	1146	1334	1524	1716	1910	2106	2305	2506
73	3.2709	2914	3122	3332	3544	3759	3977	4197	4420	4646
74	3.4874	5105	5339	5576	5816	6059	6305	6554	6806	7062
75	3.7321	7583	7848	8118	8391	8667	8947	9232	9520	9812
76	4.0108	0408	0713	1022	1335	1653	1976	2303	2635	2972
77	4.3315	3662	4015	4373	4737	5107	5483	5864	6252	6646
78	4.7046	7453	7867	8288	8716	9152	9594	0045	0504	0970
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	9.056	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	16.35	16.83	17.34	17.89	18.46
87	19.08	19.74	20.45	21.20	22.00	22.90	23.86	24.90	26.03	27.27
88	28.64	30.14	31.82	33.69	35.80	38.10	40.92	44.07	47.74	52.08
89	57.29	63.66	71.62	81.85	95.49	114.6	143.2	191.0	286.5	573.0

Odje se jedinica mijenja, brojevi su kurzivni

TABELE ODNOSA NEKIH FIZIKALNIH VELIČINA,  
MJERENIH U RAZNIM SISTEMIMA JEDINICA

I. Mehanika

a) Jedinice za duljinu:

M. T. S. sistem:	metar	(m)	
C. G. S. „	centimetar	(cm)	0,01 m
Ostale jedinice	kvadrant		10 <sup>7</sup> m
	Angström	(Å)	10 <sup>-10</sup> m
	X-jedinica	(X)	10 <sup>-13</sup> m
	morska milja		1582 m
	vrsta		1624 m
	crvena linija kadmija		0,64384696 μ
	mikron	(μ)	10 <sup>-9</sup> m
parsek		30,84 · 10 <sup>12</sup> km	
god. svjetlosti = 0,307 parseka =		9,461 · 10 <sup>12</sup> km	

(Vidi tablicu I.)

b) Jedinice za površinu:

M. T. S. sistem:	kvadratni metar	(m <sup>2</sup> )	
C. G. S. „	kvadratni centimetar	(cm <sup>2</sup> )	10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup>

(Vidi tablicu II.)

c) Jedinice za volumen:

M. T. S. sistem:	kubični metar	(m <sup>3</sup> )	
C. G. S. „	kubični centimetar	(cm <sup>3</sup> )	10 <sup>-9</sup> m <sup>3</sup>

(Vidi tablicu III.)

d) Jedinice za masu:

M. T. S. sistem:	tona	(t)	
M. K. S. „	kilogram	(kg)	10 <sup>-3</sup> t
C. G. S. „	gram	(g)	10 <sup>-6</sup> t = 10 <sup>-3</sup> kg

Britanske jedinice:	1 grain (gr.)	=	64,80	mg
	1 ounce (oz. Av.)	=	28,350	g
	1 pound (lb. Av.)	=	0,45359	kg
	1 ton (t)	=	1016	kg

e) Jedinice za vrijeme:

M. T. S.	}	sistemi: sekunda (s) = 1/86400 srednjeg Sunčeva dana
M. K. S.		
C. G. S.		
Ostale jedinice	}	građanska godina = 365,2422 srednja Sunčeva dana
		siderična godina = 365,2564 srednja Sunčeva dana

f) Jedinice za brzinu:

M. T. S.	}	sistemi: metar na sekundu ( m/s) = 3600 m/h
M. K. S.		
C. G. S.		
sistem : centimetar na sekundu (cm/s) = 36 m/h		
Izvedena jedinica: kilometar na sat (km/h) = 10 <sup>3</sup> m/h = 27,8 cm/s		
Britanske jedinice: 1 mile/hour = 51,477 cm/s = 1,8532 km/h		
1 knot (uzao) = 44,7 cm/s = 1,609 km/h		

g) Jedinice za akceleraciju:

M. T. S.	}	sistemi: metar u sekundi na kvadrat ( m/s <sup>2</sup> )
M. K. S.		
C. G. S.		
sistem : centimetar u sekundi na kvadrat (cm/s <sup>2</sup> ) = 10 <sup>-2</sup> m/s <sup>2</sup> = gal		

Normalna akceleracija sile teže: gravitacija (g) = 980,629 gala

h) Jedinice za silu

M. T. S. sistem:	sten	(sn)	1 t × 100 gala
M. K. S. „	njutn	(new)	1 kg × 100 gala = 10 <sup>-3</sup> sn
C. G. S. „	din		1 g × 1 gal = = 10 <sup>-8</sup> sn = 10 <sup>-5</sup> new
M. Kp. S. „	kilogram sile (kilopond = kp)		980.000 dina
(Praktične jedinice za silu težu [težinu] vidi u tablici IV.)			
Britanska jedinica:	poundal		13,825 dina

i) *Jedinice za radnju:*

M. T. S. sistem: kilodžaul (kJ)  $1 \text{ sn} \times 1 \text{ m}$   
 M. K. S. „ džaul (J)  $10^{-3} \text{ kJ} = 1 \text{ Ws}$   
 C. G. S. „ erg  $10^{-7} \text{ J}$   
 Britanska jedinica:  $1 \text{ ft. lb.} = 1,356 \text{ J}$   
 (Vidi tablicu V.)

j) *Jedinice za snagu:*

M. T. S. sistem: kilovat (kW)  $1 \text{ kJ/s} = 10^3 \text{ W}$   
 M. K. S. „ vat (W)  $10^{-3} \text{ kW}$   
 C. G. S. „ erg/sekunda  $10^{-7} \text{ W}$   
 konjska snaga (KS)  $0,735 \text{ kW} = 75 \text{ kgm/s}$   
 (Vidi tablicu VI.)

k) *Jedinice za tlak:*

M. T. S. sistem: pieza (pz)  $1 \text{ sn/m}^2$   
 C. G. S. „ bari (mikrobar)  $10^{-4} \text{ pz} = 1 \text{ din cm}^2$   
 Ostale jedinice:  $\text{tor} = 1 \text{ mm Hg}$   
 $\text{kp/cm}^2 = 760 \text{ tor}$   
 (Vidi tablicu VII.)

## 2. Kalorika

a) *Jedinice za temperaturu:*

Celsiusov stupanj ( $^{\circ}\text{C}$ )  $T_C = \frac{5}{4} T_R = \frac{5}{9} (T_F - 32)$   
 Reaumurov stupanj ( $^{\circ}\text{R}$ )  $T_R = \frac{4}{5} T_C = \frac{4}{9} (T_F - 32)$   
 Fahrenheitov stupanj ( $^{\circ}\text{F}$ )  $T_F = \frac{9}{5} T_C + 32 = \frac{9}{4} T_R + 32$   
 Kelvinov stupanj ( $^{\circ}\text{K}$ )  $T_K = 273,16 + T_C$

b) *Jedinice za množinu topline:*

M. T. S. sistem: termija (th)  
 M. K. S. „ kilo-kalorija (kcal)  $10^{-3} \text{ th} = 10^3 \text{ cal}$   
 C. G. S. „ mala kalorija (cal)  $10^{-3} \text{ kcal}$   
 (Vidi također tablicu V.)

## 3. Optika

a) *Jedinice za jakost izvora svjetlosti:*

Nova svijeća (candela = cd) = 0,98 MS = 1,1 HS  
 Međunarodna svijeća (MS)  $1,02 \text{ cd} = 1,124 \text{ HS}$   
 Hefnerova svijeća (HS)  $0,91 \text{ cd} = 0,892 \text{ MS}$

b) *Jedinica za tok svjetlosti:*

Novi lumen (lm)

c) *Jedinice za rasvjetu:*

Novi lux (lx)  
 Novi phot =  $10^4 \text{ lx}$

d) *Jedinica za jakost leće:*

Dioptriya ( $\delta$ ) — leća ima jakost  $1 \delta$  ako joj je žarišna daljina 1 m.

## 4. 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 elektricitete	kulon	C	0,99985	1,0001500	0,1	$3 \cdot 10^9$
napon	volt	V	1,00034	0,9996601	$10^8$	$3^{-1} \cdot 10^{-2}$
otpor	om	$\Omega$	1,00049	0,9995102	$10^9$	$9^{-1} \cdot 10^{-11}$
kapacitet	farad	F	0,99951	1,0004902	$10^{-9}$	$9 \cdot 10^{11}$
samoindukcija	Henri	H	1,00049	0,9995102	$10^9$	$9^{-1} \cdot 10^{-11}$
snaga	vat	W	1,00010	0,9999100	$10^7$	$10^7$
energija	džaul	J	1,00019	0,9998100	$10^7$	$10^7$

I. Jedinice za duljinu

	centimeter cm	hvat hv	stopa	palac	rif	lakat (aršin)	inch	foot ft	yard yd	mile (britanska)	vrsta
cm	1	$5,26 \cdot 10^{-3}$	0,0316	0,38	$1,29 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	0,394	$3,28 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$6,2 \cdot 10^{-6}$	$6,15 \cdot 10^{-4}$
hvat	100	1	6,03	72,5	2,45	2,86	74,6	6,25	2,08	$1,18 \cdot 10^{-3}$	$1,17 \cdot 10^{-3}$
stopa	31,6	0,166	1	12,05	0,406	0,476	12,5	1,04	0,346	$1,96 \cdot 10^{-4}$	$1,948 \cdot 10^{-4}$
palac	2,63	$1,38 \cdot 10^{-2}$	$3,3 \cdot 10^{-2}$	1	$3,4 \cdot 10^{-2}$	$3,95 \cdot 10^{-2}$	1,05	$8,6 \cdot 10^{-2}$	$2,89 \cdot 10^{-2}$	$1,63 \cdot 10^{-5}$	$1,619 \cdot 10^{-5}$
rif	77,70	0,408	2,46	29,55	1	1,16	30,5	2,53	0,85	$4,8 \cdot 10^{-4}$	$4,76 \cdot 10^{-4}$
lakat (aršin)	66,6	0,35	2,1	25,3	0,86	1	26,2	2,19	0,73	$4,13 \cdot 10^{-4}$	$4,1 \cdot 10^{-4}$
inch	2,54	$13,4 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-2}$	0,965	$3,28 \cdot 10^{-2}$	$3,81 \cdot 10^{-2}$	1	$8,3 \cdot 10^{-2}$	$2,78 \cdot 10^{-2}$	$1,58 \cdot 10^{-5}$	$1,562 \cdot 10^{-5}$
foot	30,48	0,160	0,963	11,6	0,395	0,457	12	1	0,333	$1,89 \cdot 10^{-4}$	$1,873 \cdot 10^{-4}$
yard	91,4	0,481	2,89	34,8	1,18	1,37	36	3	1	$5,65 \cdot 10^{-4}$	$5,59 \cdot 10^{-4}$
mile	$1,61 \cdot 10^5$	847	5100	61200	2080	2420	63500	5280	1770	1	0,99
vrsta	$1,624 \cdot 10^5$	$8,55 \cdot 10^2$	$5,13 \cdot 10^3$	$6,18 \cdot 10^4$	$2,1 \cdot 10^3$	$2,44 \cdot 10^3$	$6,4 \cdot 10^4$	$5,33 \cdot 10^3$	$1,788 \cdot 10^3$	1,01	1

II. Jedinice za površinu

	Kvadratni centimeter cm <sup>2</sup>	Kvadratni metar m <sup>2</sup>	hektar ha	ar a	Kvadratni hvat hv <sup>2</sup>	jutro ral	lanac	dunum	acre (of land)	sq. foot sq. ft.	sq. inch
cm <sup>2</sup>	1	$10^{-4}$	$10^{-8}$	$10^{-6}$	$2,78 \cdot 10^{-5}$	$1,74 \cdot 10^{-8}$	$1,39 \cdot 10^{-8}$	$10^{-5}$	$2,47 \cdot 10^{-10}$	0,155	$1,08 \cdot 10^{-3}$
m <sup>2</sup>	$10^4$	1	$10^{-4}$	$10^{-2}$	0,278	$1,74 \cdot 10^{-4}$	$1,39 \cdot 10^{-4}$	10	$2,47 \cdot 10^{-4}$	$1,55 \cdot 10^3$	10,8
ha	$10^8$	$10^4$	1	100	$2,78 \cdot 10^3$	1,738	1,39	$10^5$	2,47	$1,55 \cdot 10^7$	$1,08 \cdot 10^5$
a	$10^6$	100	$10^{-2}$	1	27,8	$1,74 \cdot 10^{-2}$	$1,39 \cdot 10^{-2}$	$10^3$	$2,47 \cdot 10^{-2}$	$1,55 \cdot 10^5$	$1,08 \cdot 10^3$
hv <sup>2</sup>	$3,597 \cdot 10^4$	3,597	$3,597 \cdot 10^{-4}$	$3,597 \cdot 10^{-2}$	1	$6,25 \cdot 10^{-1}$	$5 \cdot 10^{-1}$	35,97	8,9 $\cdot 10^{-1}$	$5,38 \cdot 10^2$	38,8
jutro ral	$5,75 \cdot 10^7$	$6,575 \cdot 10^4$	0,575	57,5	$1,6 \cdot 10^3$	1	0,8	$5,75 \cdot 10^4$	1,42	$8,98 \cdot 10^6$	$6,17 \cdot 10^4$
lanac	$7,2 \cdot 10^7$	$7,2 \cdot 10^3$	0,72	72	$2 \cdot 10^3$	1,25	1	$7,2 \cdot 10^4$	1,775	$1,115 \cdot 10^7$	$7,75 \cdot 10^4$
dunum	$10^9$	0,1	$10^{-5}$	$10^{-3}$	$2,78 \cdot 10^{-2}$	$1,74 \cdot 10^{-5}$	$1,39 \cdot 10^{-5}$	1	$2,47 \cdot 10^{-6}$	155	1,08
acre	$4,047 \cdot 10^7$	$4,017 \cdot 10^3$	0,4017	40,17	1125	0,705	0,563	$4,07 \cdot 10^4$	1	$6,29 \cdot 10^6$	$4,37 \cdot 10^4$
sq. foot	6,45	$6,45 \cdot 10^{-4}$	$6,45 \cdot 10^{-8}$	$6,45 \cdot 10^{-6}$	$1,79 \cdot 10^{-4}$	$1,12 \cdot 10^{-7}$	$8,97 \cdot 10^{-8}$	$6,45 \cdot 10^{-3}$	$1,59 \cdot 10^{-7}$	1	$6,94 \cdot 10^{-5}$
sq. inch	929	$9,29 \cdot 10^{-2}$	$9,29 \cdot 10^{-6}$	$9,29 \cdot 10^{-4}$	$2,58 \cdot 10^{-2}$	$1,62 \cdot 10^{-5}$	$1,29 \cdot 10^{-6}$	0,929	$2,29 \cdot 10^{-5}$	144	1

### III. 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 bsb	cubic anch	cubic foot	pint
cm <sup>3</sup>	1	10 <sup>-3</sup>	1,465·10 <sup>-7</sup>	2,5·10 <sup>-7</sup>	2,27·10 <sup>-7</sup>	1,765·10 <sup>-5</sup>	2,2·10 <sup>-4</sup>	2,75·10 <sup>-3</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>-2</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>	6,82·10 <sup>3</sup>	1	1,71	1,55	1,2·10 <sup>2</sup>	1,5·10 <sup>3</sup>	188	2,81·10 <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	76,6	8,8·10 <sup>2</sup>	110	2,44·10 <sup>7</sup>	141	7,05·10 <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	83·10 <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
bsb	36,368·10 <sup>3</sup>	36,368	5,32·10 <sup>-3</sup>	9,08·10 <sup>-3</sup>	8,25·10 <sup>-3</sup>	0,642	8	1	2,22·10 <sup>3</sup>	1,285	64
cubic anch	16,387	1,639·10 <sup>-2</sup>	2,4·10 <sup>-5</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>-3</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>-6</sup>	1,42·10 <sup>-4</sup>	1,29·10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-2</sup>	0,125	1,562·10 <sup>-2</sup>	34,70	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 (absb) = 35,24 l

### IV. Jedinice za težinu

	gram g	kilogram kg	metrička centa q	tona t	pud 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>-4</sup>	2,2·10 <sup>-3</sup>	3,53·10 <sup>-2</sup>	9,85·10 <sup>-7</sup>	1,1·10 <sup>-9</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
t	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>3</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
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>-4</sup>	5·10 <sup>-4</sup>
oz	28,35	2,835·10 <sup>-2</sup>	2,835·10 <sup>-4</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>-4</sup>
engleska tona	1,016·10 <sup>3</sup>	1016	10,16	1,016	61,9	794	2255	3,58·10 <sup>4</sup>	1	1,12
američka tona	9,072·10 <sup>3</sup>	907,2	9,072	0,9072	55,3	0,700	1996	32·10 <sup>3</sup>	0,894	1



V. Jedinice za energiju

Ws	vat-sekunda Ws	kilovatsat kWh	kalorija cal	kilokalorija kcal	termija th	tilogram-metar kgm	erg	Mega-elektro-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>8</sup>	0,737	9,5·10 <sup>-1</sup>
kWh	3,6·10 <sup>3</sup>	1	8,6·10 <sup>5</sup>	860	0,86	3,67·10 <sup>5</sup>	3,6·10 <sup>12</sup>	2,245·10 <sup>19</sup>	4,39·10 <sup>19</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>-3</sup>	10 <sup>-6</sup>	0,427	4,185·10 <sup>7</sup>	2,612·10 <sup>12</sup>	5,12·10 <sup>12</sup>	2,81·10 <sup>16</sup>	3,08	3,96·10 <sup>-3</sup>
kcal	4185	1,16·10 <sup>-3</sup>	10 <sup>3</sup>	1	10 <sup>-3</sup>	427	4,185·10 <sup>10</sup>	2,612·10 <sup>15</sup>	5,12·10 <sup>15</sup>	2,81·10 <sup>19</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>18</sup>	5,12·10 <sup>18</sup>	2,81·10 <sup>22</sup>	3,08·10 <sup>6</sup>	3960
kgm	0,81	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>16</sup>	7,23	9,3·10 <sup>-3</sup>
erg	10 <sup>-7</sup>	2,78·10 <sup>-11</sup>	2,39·10 <sup>-8</sup>	2,39·10 <sup>-11</sup>	2,39·11	1,02·10 <sup>-9</sup>	1	6,24·10 <sup>6</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>-28</sup>	3,827·10 <sup>-11</sup>	3,827·10 <sup>-11</sup>	3,827·10 <sup>-20</sup>	1,834·10 <sup>-14</sup>	1,602·10 <sup>-6</sup>	1	1,957	1,074·10 <sup>3</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>-29</sup>	1,955·10 <sup>-13</sup>	1,955·10 <sup>-11</sup>	1,955·10 <sup>-20</sup>	8,25·10 <sup>-16</sup>	8,185·10 <sup>-7</sup>	5,109·10 <sup>-1</sup>	1	2,486·10 <sup>-2</sup>	5,96·10 <sup>-14</sup>	7,86·10 <sup>-17</sup>
JM	1,49·10 <sup>-36</sup>	4,14·10 <sup>-17</sup>	3,56·10 <sup>-11</sup>	3,56·10 <sup>-11</sup>	3,56·10 <sup>-17</sup>	1,52·10 <sup>-11</sup>	1,49·10 <sup>-3</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>	0,321	3,24·10 <sup>-1</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>12</sup>	9,08·10 <sup>3</sup>	1	1,287·10 <sup>-3</sup>
B. th. Unit	1053	2,93·10 <sup>-1</sup>	252	0,252	2,52·10 <sup>-1</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 = mega elektrovolt = 10<sup>6</sup>eV (elektron volta); 1eV = energija, koju dobije elektron na prolazu kroz polje sa čijim krajevima vlada potencijalna razlika 1 Volt.

JM = energija, ekvivalentna jedinici mase (0<sup>0</sup> = 16.000) t. j. 1/16 at. tež. atoma kisika.

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

VI. Jedinice za snagu

	vat W	kilovatt 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>-9</sup>	1,36·10 <sup>-10</sup>	1,34·10 <sup>-10</sup>
kgm/s	9,81	9,81·10 <sup>-3</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>9</sup>	75	1	0,935
HP	746	0,746	7,46·10 <sup>9</sup>	76,1	1,014	1

VII. Jedinice za tlak

	kilopond po centimetru <sup>2</sup> kp/cm <sup>2</sup>	bari din/cm <sup>2</sup>	pieza pz	tor	funta po kvadratnom inch-u lb/sq.inch	funta po kvadratnom foot-u lb/sq.ft	tona po kvadratnom inch-u ton q.inch	normalna atmosfera at
kp/cm <sup>2</sup> (Atm)	1	9,80·10 <sup>-2</sup>	9,8·10 <sup>-2</sup>	760	14,2	2,05	6,35·10 <sup>-5</sup>	0,967
din/cm <sup>2</sup>	1,02·10 <sup>-2</sup>	1	10 <sup>-1</sup>	0,775	1,45·10 <sup>-2</sup>	2,09·10 <sup>-3</sup>	6,47·10 <sup>-9</sup>	9,86·10 <sup>4</sup>
pz	10,2	10 <sup>1</sup>	1	7,75·10 <sup>3</sup>	145	20,9	6,47·10 <sup>-5</sup>	9,86
tor	1,315·10 <sup>-3</sup>	1,29	1,29·10 <sup>-1</sup>	1	1,87·10 <sup>-2</sup>	2,69·10 <sup>-3</sup>	8,35·10 <sup>-9</sup>	1,275·10 <sup>-1</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>1</sup>	1,196·10 <sup>8</sup>	2,24·10 <sup>9</sup>	3,23·10 <sup>-6</sup>	1	1,522·10 <sup>5</sup>
at	1,033	1,013·10 <sup>3</sup>	0,1013	785	14,68	2,12	6,55·10 <sup>-6</sup>	1

## TUMAČ POMOĆNIM TABLICAMA

1. Prva i druga tablica služe za određivanje refrakcije prema uputi, kako je navedena ispod samih tablica.
2. Treća i četvrta 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. 13 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

$$\left. \begin{array}{l} \alpha = 21^h \\ \delta = +50^\circ \end{array} \right\} \dots \dots \Delta\alpha = 1^s 95, \alpha = 22^h \\ \left. \begin{array}{l} \delta = +50^\circ \end{array} \right\} \dots \dots \Delta\delta = 2^s 28$$

dakle razlici od 1h odgovara prirast  $0^s 33$ , a za našu razliku od  $0^h 7$  je prirast  $0^s 23$ , te je za  $\delta = +50^\circ$ ,  $\alpha = 21^h 7 \dots \Delta\alpha = 2^s 18$ .

Kod  $\delta = +60^\circ$  padne ta korekcija na  $1^s 75$ , dakle za razliku u deklinaciji od  $8^\circ$  (približno) padne korekcija za  $0^s 3$ , 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  $\mu$  Ceph za 1950'0 je dakle

$$\begin{array}{r} 1900'0 \dots \alpha_0 = 21^h 40^m 4 \dots \delta_0 = +58^\circ 19' \\ \text{precesija} \dots \Delta\alpha = + \frac{1^m 6}{\dots} \dots \Delta\delta = + \frac{13^s 7}{\dots} \\ 1950'0 \dots \alpha = 21^h 42^m 0 \dots \delta = +58^\circ 33' \end{array}$$

3. Peta i šesta tablica donosi trajanje građanskog i astronomskog sumraka za geografske širine, koje dolaze u obzir u našoj državi.

Građanski 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.

4. Slijedeće tablice, sedma za poludnevni luk, osma i deveta za pretvaranje zvjezdanoga vremena u srednje i obratno već su na dnu stranice objašnjene kako se upotrebljavaju. Deseta tablica za pretvaranje satova, minuta i sekunda u decimalne dijelove dana, i jedanaesta za depresiju horizonta i daljinu vida jasne su po sebi. Isto vrijedi za dvanaestu tablicu mjera za daljinu u astronomiji.

5. Trinaesta tablica za pretvaranje prividnih veličina u apsolutne temelji se na odnosu  $M = m + 5 + 5 \log \pi$  (Vidi str. 113.).

*Primjer:* Koliko je apsolutna veličina Siriusa (br. 1 u tablici najsjajnijih zvijezda), ako mu je prividna veličina  $-1^m 58$ , a paralaksa  $\pi = 0'' 373$ ? Po tablici u retku  $0'' 30$  i stupcu 7 je korekcija  $+2^m 84$ , dakle  $M = -1^m 58 + 2^m 84 = +1^m 26 = 1^m 3$ .

6. Četnaesta tablica je nomogram za pretvaranje razlike veličine u omjer sjaja i obratno, s uputom. Temelji se na odnosu  $I_A : I_B = (2512)^{m_B - m_A}$ .

7. Petnaesta i šesnaesta 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.

8. U posljednjoj (sedamnaestoj) tablici geografskih koordinata nekih mjesta u Jugoslaviji unijeti su važniji gradovi i oblasna sjedišta. Posljednji stupac u toj tablici pokazuje, koliko je mjesno vrijeme dotičnog mjesta ispred (—) ili iza (+) vremena srednje-evropskog meridijana  $\lambda = 15^\circ$  ist. od Greenwicha, t. j. srednje-evropskog vremena, što ga pokazuju naši satovi.

9. Na kraju slijede neke matematičke i fizičke tabele sa razjašnjenjima.

VI. ČLANCI

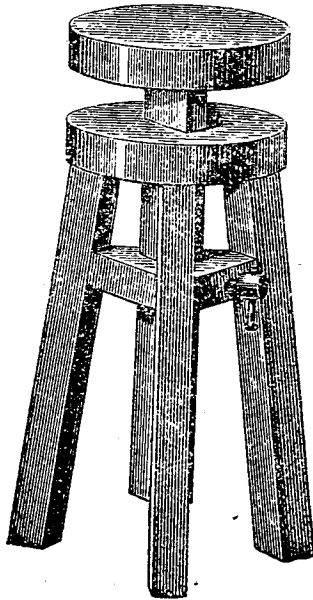
*Dr Stanko Hondl:*

## BOŠKOVIĆEV STALAK

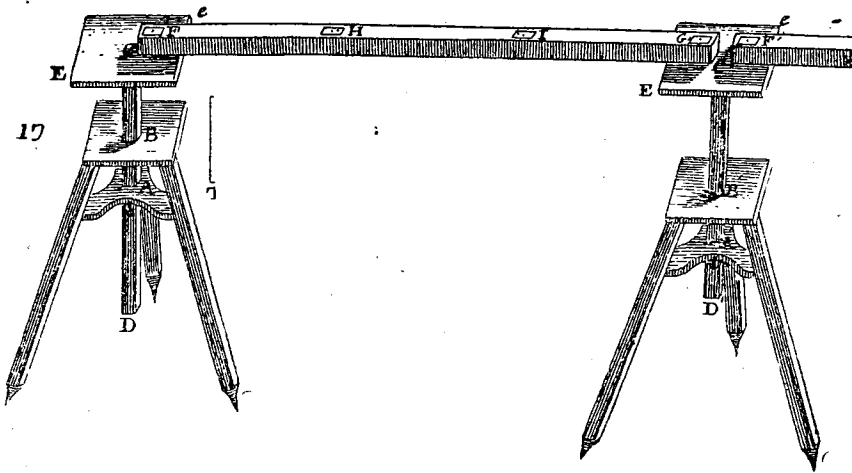
Kod fizikalnih pokusa i mjerenja mnogo se upotrebljava čvrst drven stol, na tri noge, s malenom stolnom pločom, kojoj se visina daje mijenjati (na pr. između 0,9 i 1,4 m). Tu spravu često zovu Gaussov stalak. Opisuje je i slikom prikazuju katalogi fizikalnih aparata, kao i djela posvećena fizikalnoj praksi. Tako je spominje pod imenom »G a u s s' s' ches Stativ« A. Weinhold u 2. izdanju djela »Physikalische Demonstrationen«, g. 1887., dok ju je u 1. izdanju, g. 1881., opisao bez onog imena. J. Frick nije još ni u 5. izdanju svog djela »Physikalische Technik«, g. 1876., spomenuo te sprave, ali izdavač 6. izdanja, O. Lehmann, na str. 131. knjige I. tog djela, g. 1890., opisuje »Holzstative (nach Gausz)«. Od novih djela može se spomenuti E. Perucca, »Guida pratica per esperienze didattiche di fisica sperimentale«, g. 1937., gdje na str. 35. čitamo: Tavolini alzabili a trepiede, detti di Gauss. Inače se ta sprava jedva spominje, te je ne nalazimo ni u opsežnim fizikalnim udžbenicima, ni u općim enciklopedijama, pa ni u poznatim, samo fizičari posvećenim rječnicima.

Listajući Maireovo i Boškovićevo djelo »De litteraria expeditione per pontificiam ditionem, Romae 1755«, u kojem se izvješćuje o mjerenju meridijana Rim-Rimini, opazio sam, da su pisci pri mjerenju geodetskih osnovaka (baza) upotrebljavali stalke, koji po osnovnoj zamisli svoje konstrukcije sasvim naliče »Gaussovim« stativima. Za dokaz toj tvrdnji neka služi Weinholdova slika »Gaussova« stalka (sl. 1.) i iz Maireova i Boškovićevo djela dio crteža br. 17. na tabli III. (sl. 2.). Upućujemo i na francuski

prijevod onog djela: »Voyage astronomique et géographique dans l'état de l'église, Paris 1770«. Podaci o stalku iznose se u »knjizi« (opusculum, livre) I. i IV., koje potječu iz Boškovićeve pera.



Sl. 1. »Gaussov« stalak po Weinholdu



Sl. 2. Boškovićevi stalci

Eto, što Bošković kaže. Prevodim slobodno, kako je i francuski prijevod slobodan. Najprije u knjizi I. br. 111. čitamo:

»Osim toga imali smo šest tronoga; na svakomu nalazila se vodoravna mala ravna ploča, koja bijaše učvršćena na vertikalni stub na taj način, da se mogla dići ili spustiti i s pomoću vijka u svakoj visini pridržati.«

Opširniji opis slijedi u knjizi IV. pod br. 337.:

»...ponajprije slika 17. na tabli 3. ...prikazuje tronoge i mjerace letve upotrebljene pri mjerenju baze. Kako su građeni tronozi, koje smo spomenuli u knjizi I. br. 111., očito je. Debeo kvadratičan drveni stub, *CD* u prvom tronogu, prolazi kroz dva kvadratična otvora *A* i *B*, koji su otprilike jednaki prorezu stupa i izdubeni su u dvije vodoravne ploče, da može stup slobodno proći i dići se ili spustiti po volji. Stup nosi u *C* vodoravnu stolnu ploču *Ee*. Kod *A* nalazi se sa strane vijak od željeza, s kojim se onaj kvadratični stub može pritisnuti na suprotnu stranu otvora *A*, dok strane otvora *D* drže stup ukočeno i priječe, da bi se amo ili tamo nagnuo. Zato su baš načinjene dvije one vodoravne ploče u tronogu, da stup i stolna ploča na njemu budu što stabilniji, kad smo im dali željenu visinu.«

Onda pod br. 338. iste knjige Bošković nastavlja i završuje taj opis:

»Stolna ploča, koju stup drži, duga je približno 1 stopu, široka nešto manje, a debljina joj je približno 1 palac. Stup *CD* a i cijeli tronog visok je približno 3 stope, razmak *AB*  $\frac{1}{2}$  stope, tako da se stolna ploča može dići nad ploču *B* više negoli za 2 stope i još uvijek učvrstiti kod *A*; tako da je pri svakoj visini stolne ploče svaki od nas dvojice ili bar onaj, koji je viši, mogao vidjeti gornju površinu mjerila položenog na stol. Stup je nešto deblji od 2 palca; no sve se te veličine mogu uzeti i druge. Svaka noga tronoga na donjem se kraju svršava oduljim šiljkom, što je osobito na morškoj obali zgodno, da se mogu šiljci pritiskom na noge zatjerati više ili manje u pijesak i s time stolna ploča *Ee* lako smjestiti vodoravno. Kod rimske baze, daleko od obale, gdje je

tlo kamenito, isto se postiglo tako, da je šiljku podmetnut klin, i to bliže ili dalje od svog brida, koliko je već trebalo.»

Tronozi su načinjeni »ovdje«, t. j. nije ih trebalo naručiti iz inozemstva (I 73). Još su nabavljena dva tronoga osobito visoka, koji su u jednom slučaju upotrebljeni pri mjerenju sjeverne baze, kod Riminija (I 155).

Na osnovu svega toga držim, da naziv »Gaussov« stalak nije opravdan. Prije Gaussa već je Bošković dao izraditi takve stalke, da se upotrebe pri mjerenju geodetske osnovke. To je dakle **BOŠKOVIČEV STALAK**. Bošković i Maire polagali su na te stalke mjerila, te su — kako je poznato — prvi mjerili bazu »u zraku«, dok su se prije njih u takvim mjerenjima mjerila polagala na tle. Poimence to vrijedi i za mjerenje »peruansko« (u današnjem Ekvadoru), koje su nekoliko godina prije Boškovićevih i Maireovih mjerenja izvršili Bouguer i de la Condamine (nec hūmi reptare cogebamur, ut cum Bouguerio Condaminus; I 120).

Treba reći, da »Gaussov« stalak dolazi u raznim izvedbama. Tako je u Frick-Lehmannu prikazan stalak, gdje je stup učvršćen sa dva vijka; jedan pritiskuje u donjem otvoru, drugi u gornjem. Amerikanska tvrtka Cenco (Central Scientific Company) u opsežnom katalogu J-136, pred kojih 15 godina, oglašuje takav stalak, gdje je stup pritisnut samo kod gornjeg otvora. (Sprava se ovdje ne zove »Gaussova«; tek se kaže, da je prikladna pri mjerenju horizontalne komponente zemaljskog magnetizma po metodi Gaussovoj.) Skuplje su izvedbe, gdje je uz stup učvršćena kovna zupčanica, koja se diže ili spušta zupčanikom, koji se ručkom vrti.

U odličnoj Dvořákovoj raspravi »Boškovićev rad na polju fizike« (Rad 87—88—90), koja je izašla g. 1887/8., Boškovićev stalak nije spomenut. Boškovićevo i Maireovo djelo Dvořáku jamačno nije bilo pristupno. Zagrebačka sveučilišna knjižnica primila je izvornik tog djela tekar g. 1897., prijevod još kasnije;\* akademijina knjižnica nema ga ni danas. Ipak je Dvořák izvijestio o tom geodetskom radu Boškovićevu, ali tek u »Dodatku« svoje

\* Taj podatak zahvaljujem dobroti knjižničara prof. Eve Verona.

rasprave (str. 540.—542.), gdje je istaknuo, da predmet ne zasijeca u njegovu struku. Bit će da se od Dvořáka tražilo, da i to uključi u svoj prikaz; doista bi »Spomenica« posvećena Boškovićevoj uspomeni izašla vrlo nepotpuna, kada Boškovićev glasoviti geodetski rad ne bi bio bar u kratko u njoj obuhvaćen. U svom prikazu Dvořák se poslužio opsežnom raspravom, koju je objelodanio A. Westphal u Zeitschr. f. Instrumentenkunde. V, g. 1885. (i dovršio u VIII, g. 1888.), »Basisapparate und Basismessungen«. Boškovićev stalak u toj raspravi nije opisan, već samo spomenut; a za Bouguera i de la Condaminea pisac kaže, na str. 269., da su i oni namjeravali upotrebiti stalke, ali su opazili, da stalci, koje su spremili, nisu dosta čvrsti. Bilo bi zanimljivo, da se ispita, ima li sličnost između onih zabačenih stalaka peruanskog mjerenja i Boškovićevih. Publikacije Bouguera i de la Condaminea o tom predmetu nisu mi pristupne. Međutim de la Condamineova najznatnija potječe iz g. 1751., kada su Boškovićeve pripreme bile već dovršene; mjerenje rimske baze započelo se već početkom travnja 1751. Da ima kakva sličnost, jamačno bi to Westphal bio istaknuo.

#### Zusammenfassung STATIV NACH BOŠKOVIČ

Im Jahre 1755 veröffentlichten Maire und Boscovich (Bošković) einen Bericht über ihre Gradmessung im Kirchenstaate (De litteraria expeditione per pontificiam ditionem). In diesem Werke beschrieb Bošković kleine hölzerne, in der Höhe verstellbare, dreifüssige Tische, die bei den Basismessungen als Unterlagen der Maszstäbe dienten. Es war eine der von Bošković eingeführten glücklichen Neuerungen, dass man von nun an die Basis »in der Luft« masz, und nicht »am Boden kriechend«. Nun sind die Bošković'schen »Dreifüsze« derart ähnlich den sogen. Gauss'schen Stativen der praktischen Physik, dass diese Stative wohl die Benennung Stative nach Bošković verdienen.

Die bezüglichen Stellen des genannten Werkes (Opusculum IV Num. 337/338, I 111) werden in kroatischer Übersetzung wiedergegeben.

Prof. Nikolaj Abakumov:

## GEOID

Geoid — oblik Zemlje. Ali što podrazumijevamo pod tim oblikom? Veliki je dio Zemljine površine, naime oko 73,5%, pokriven oceanima i morima, kojima je nivô u neku ruku jednolik; međutim su kopna i otoci veoma često ispresijecani uzvisinama i udubinama, te izgleda, da se ne može govoriti o nekom općem matematičkom obliku Zemlje. No svi bregovi, koji izgledaju za čovjeka tako veliki i visoki, a katkada i nepristupačni, u omjeru prema čitavoj Zemlji predstavljaju jedva primjetne neravnine. Dakle ako zamislimo nivô-plohu oceana produženu ispod kopna, dobijemo potpuno jasnu sliku oblika Zemlje, koju već možemo proučavati s matematske točke gledišta.

Historiju izučavanja oblika Zemlje možemo podijeliti na dva perioda: prije Newtona i poslije njega. Za vrijeme prve periode čovječanstvo je zaključivalo o obliku Zemlje samo na temelju svojih vlastitih utisaka. Prirodno je, da se u stara vremena Zemlju smatralo ravnom pločom okruženom oceanom.

No zakrivljenost se Zemljine plohe jasno osjećala pri promatranju broda, koji ploveći od obale kao da zaroni u morsku pučinu; nadalje iz uzdizanja Polarnice nad horizont, kad se ide prema sjeveru. Zato je Pitagora (rođen 582. godine prije naše ere) proglasio Zemlju kuglom. Takav oblik Zemlje potpuno je zadovoljio čovječanstvo. Kugla se smatrala savršenim tijelom i Zemlja, koja se nalazila u centru Svemira, po shvatanju starih naučenjaka, morala je biti savršenim tijelom. Zato se oni nisu brinuli za oblik Zemlje, oblik je već bio određen, nego samo za njene dimenzije.

U XVI. stoljeću Kopernik je u svom radu: »De revolutionibus orbium coelestium« pokazao da Zemlja ne miruje, nego se okreće oko svoje osi za 24 sata.

Francuski je astronom J. Richer 1672. godine putovao u Kajenu (Cayenne), koja se nalazi u Južnoj Americi blizu ekvatora, radi astronomskih opažanja, a napose radi određivanja paralakse Marsa. On je ustanovio, da je njegov astronomski sat, koji je bio dotjeran u Parizu, počeo u Kajeni zakašnjavati za 21—22 minute u jedan dan. Radi ponovnog dotjeravanja njegova hoda bilo je potrebno skratiti ga za  $1\frac{1}{2}$  pariskih linija (oko 3 mm).

Ova je, na prvi pogled nerazumljiva pojava, bila u stvari prvom lastom, koja je donijela vijest o tome, da je Zemlja spljoštena na polovima.

Krajem XVII. vijeka pojavili su se radovi: Huyghensa (Hologium oscillatorium 1673.), u kojem on raspravlja pitanje centrifugalne sile, (De causa gravitas, 1690.) i Newtona (Philosophiae naturalis principia mathematica, 1687.). Ovi su radovi iz korijena promijenili nazore o obliku Zemlje. U svom radu Newton je, polazeći od pretpostavke, da je nekoć cijela Zemlja bila u užarenom tekućem stanju, a da je sada njezina površina većim dijelom pokrivena vodom, pokazao, da žitko tijelo, kojega su čestice podvrgnute uzajamnom privlačenju, poprima oblik kugle, ako je nepomično i jedino u prostoru. Okretanjem, pak, oko jedne osi pretvara se kugla u sferoid (tijelo dobiveno rotacijom elipse sa malom sploštenošću). Newtonova je teorija gravitacije prenijela pitanje o obliku Zemlje u čisto matematičku oblast. Nivô ploha oceana, o kojoj smo govorili u početku, a pod kojom sada razumijevamo onu zakrivljenu površinu, koja je uvijek okomita na smjer sile teže, u svakoj točki, povezala se sa funkcijom sile teže, ili kako se sada naziva, sa potencijalom sile teže. To je već oblast teoretske mehanike. Pojavila se nova naučna disciplina: geofizika. Od tada se proučavanje oblika Zemlje podijelilo na dva smjera — smjer geometrijski i smjer fizički. Prvi je smjer osnovan na geodetsko-astronomskim radovima, drugi na gravimetriji. Čitav niz velikih umova prihvatio se posla na rješavanju ovog pitanja. Jugo-

slavenski narodi mogu biti ponosni da u ovom nizu jedno od prvih mjesta zauzima Ruđer Bošković. Interesantno je, da je Ruđer Bošković od samog početka izabrao potpuno ispravan put proučavanja oblika Zemlje. U svojim radovima on je preporučao da se u tu svrhu upotrebi i jedan i drugi smjer. Samo je u tom slučaju, po njegovu mišljenju, moguće ispravno riješiti pitanje oblika Zemlje. Pritome on je bio potpuno načistu, da se Zemljin oblik ne može prikazati nekim geometrijskim tijelom, kao na primjer sferoidom. On je smatrao da Zemlja nije sferoid, nego predstavlja tijelo, koje samo u općim crtama sličí sferoidu i upozorava naučni svijet, da uzrok ovome treba tražiti uglavnom u nepravilnoj razdiobi gustoće Zemljine kore. Dakle su nazorí Boškovića bili potpuno ispravni; on je već pronašao istiniti oblik Zemlje, koji, po prijedlogu profesora Listinga iz Göttingena (1873.) zovemo: geoid.

Naučenjaci nisu pošli putem, koji je pokazao Ruđer Bošković. Za njih je bilo važno teoretsko razlaganje Newtona i Huyghensa provjeriti praktičnim mjerenjem. Ovaj su zadatak prihvatili francuski naučenjaci. Poznato je, da elipsa predstavlja figuru, kod koje je najveća zakrivljenost na kraju velike osi, a najmanja na kraju male osi. Iz toga izlazi, da će obrnuto, polumjeri zakrivljenosti biti sve veći, kad se ide od ekvatora prema polu, a prema tome će dakle linearna dužina jednog stupnja meridijana u njegovom južnom dijelu biti manja nego na sjevernom dijelu.

Francuzi: Cassini, Maraldi i La Hire izvršili su veća mjerenja stupnja duž pariskog meridijana. Ali su, nažalost, ova mjerenja bila vrlo blizu jedno drugom, a osim toga pribor za mjerenje nije bio osobito točan, pa je neočekivano dobivan suprotan rezultat nego što je tvrdila teorija. Na osnovu ovoga rezultata izlazi, da bi Zemlja morala biti rastegnuta po svojoj osi vrtnje, dakle jajastog oblika. Zbog toga je nastao veliki spor u čitavom znanstvenom svijetu. Ova francuska mjerenja su vrlo poučna, jer pokazuju kako je opasno stvarati zaključke iz nedostatno pouzdanog materijala.

Zasluga, međutim, da se ovaj spor riješio, pripada Francuzima. Oni su izveli dva nova mjerenja: jedno u Peru-u, dakle blizu ekvatora 1735.—1741., a drugo u Laplandiji, blizu pola 1736.—37. Rezultati su nedvojbeno potvrdili teoretska ispitivanja Newtona. Ako je kugla prva aproksimacija pravog oblika Zemlje, to je sada nađena druga aproksimacija — sferoid sa spljoštenošću  $\frac{1}{300}$ . Sferoid je bio usvojen u praktičnim geodetskim radovima i njegova je površina smatrana osnovicom u višoj geodeziji i kartografiji. Tek nakon jednog stoljeća na osnovu nesuglasica, koje su se pojavile pri obradi triangulacije, došli su do zaključka, da istiniti oblik Zemlje nije moguće predočiti nikakvim sferoidom i da on zavisi od uzroka, koji se ne mogu predočiti jednostavnim matematičkim postupkom. Dakle su došli do zaključka, o kojem je u samom početku govorio Ruđer Bošković. Zemlja je geoid, koji je nemoguće predočiti ikakvom matematičkom formulom, ali koji ipak sličí sferoidu. Pogledajmo sada kako je došlo do ovakvog zaključka.

Radi orijentacije geografskih karata neke države na jednom od odabranih sferoida neophodno je potrebno odrediti geografske koordinate jedne točke ove države astronomskim putem, dok ćemo koordinate drugih točaka dobiti računskim putem s elementima odabranog sferoida. Ako su ove koordinate geografske (t. j. širina, duljina i azimut) one već nose naziv geografskih geodetskih koordinata, za razliku od geografskih astronomskih, određenih neposrednim astronomskim opažanjima.

Svi se astronomski i geodetski instrumenti, pomoću kojih vršimo opažanja, orijentiraju u odnosu na horizont — pomoću libela, čiji mjehur uvijek zauzima položaj okomito na pravac viska, a pravac se viska u datoj točki poklapa sa pravcem prave težišnice, t. j. težišnice, koja pripada pravom obliku Zemlje: geoidu. Ali karte možemo napraviti projiciranjem na površinu nekog određenog sferoida. Za određivanje oblika i dimenzija Zemlje, ako bi ona bila pravilno geometrijsko tijelo, dovoljno bi bilo imati rezultate tek dva mjerenja stupnja, pod uvjetom, da su ona izvedena na točkama po mogućnosti sa što većom razlikom širine.



Tako su i postupili učenjaci u XVIII. i XIX. vijeku. No poslije, nagomilavanjem rezultata drugih mejrenja stupnja, nije bilo dovoljno uzeti jednostavno sredinu iz različitih određivanja, nego se je moralo odrediti metodom najmanjih kvadrata najvjerojatniju vrijednost. Tako su na primjer Besselovi elementi dobiveni iz deset raznih mjerenja. Ovi su elementi uzeti za karte i premjer Jugoslavije. Uspoređivanjem različitih mjerenja stupnja postalo je potpuno jasno da su otkloni pojedinih određivanja tako znatni; da se nisu nikako mogli protumačiti običnim griješcima mjerenja.

Različiti elementi sferoida dobivaju se prema položaju područja gradusnih (stupanjskih) mjerenja na Zemljinoj plohi i duljini izmjerenih lukova. A to znači, da se nivo ploha Zemlje u cjelini ne može prikazati nikakvim pravilnim geometrijskim tijelom. Do istih zaključaka dolazimo i uspoređivanjem geodetskih koordinata sa geografskim, o čemu smo ranije govorili. Odredili smo geografske koordinate astronomskog paviljona u Maksimiru neposrednim astronomskim opažanjima, a isto tako geografske koordinate Sljemena. Povezali smo ove točke triangulacijom i sračunali na Besselovom sferoidu geodetske koordinate Sljemena. Usporedivši astronomske koordinate Sljemena s ovim geodetskim dobili smo ove razlike:

$$\Delta \varphi = + 5,41 \text{ u smislu astronomske minus}$$

$$\Delta \lambda = - 3,36 \text{ geodetske koordinate.}$$

To nisu male veličine. Jedna sekunda kod širine iznosi linearno oko 30 metara, a kod duljine, za našu širinu, oko 20 metra. Dakle Sljeme se premjestilo po širini oko 150 metara, a po duljini oko 60 metara.

Pri prvom pogledu na kartu vidi se, da je položaj Zagrebačke gore u odnosu prema astronomskom paviljonu takav, da ona mora izazvati otklon težišnice ovog paviljona i to baš u dobivenom smislu. Zagrebačka gora privlači težišnicu, t. j. drugim riječima, visak. Dakle se zenit astronomskog paviljona odmiče na jug, blagodareći tome astronomska širina paviljona, a dakle i geodetska Sljemena izlazi manja. Najviši dio Zagrebačke gore, Sljeme, nalazi se zapadno od astronomskog paviljona, dakle je visak u paviljonu

otklonjen na zapad, a zenit na istok, blagodareći tome povećava se geodetska duljina Sljemena.

Po definiciji nivo plohe geoida ona mora biti uvijek okomita na smjer težišnice, na smjer viska, a to znači da masa Zagrebačke gore uzdiže nivo plohu geoida iznad plohe sferoida. Gotovo sva brda čitavog svijeta daju isti efekt u zavisnosti od veličine njihovih masa. Dakle položaj nivo plohe geoida u odnosu prema plohi sferoida zavisi od ovakvih neravnina terena i strogo govoreći, možemo proučavati plohu geoida na relativno malom prostoru.

U prvo je vrijeme izgledalo, da je potpuno dovoljno uzeti u obzir otklone težišnice nastale uslijed suvišnih masa u brdima i nedostataka na vodenim arealima, pa da se postigne puna suglasnost barem na području triangulacije (mjerenju stupnja), na temelju kojih su bili određeni elementi datog sferoida, t. j. geodetske koordinate bile bi jednake astronomskim. Stvarnost je donijela, međutim, potpuno razočaranje. Vrlo često pri proučavanju otklona težišnice nastaju velike nepravilnosti. Veliki geodetski radovi, izvršeni od strane Engleza u Indiji na prostoru, koji se proteže od Himalajskog gorja na sjeveru do dubokog Indijskog oceana na jugu, pokazali su da golemi Himalajski masiv privlači visak u mnogo manjoj mjeri, nego bi se to očekivalo obzirom na veličinu njegove mase. U isto vrijeme Indijski ocean nije pokazao nikakvog utjecaja na visak. U Rusiji pak, na ravnici južno od Moskve neočekivano su dobiveni veliki otkloni težišnice. Takve anomalije bile su ustanovljene na mnogim mjestima. Potrebno je bilo potražiti uzrok ove pojave i pronaći metodu, koja bi dovela u saglasje sferoid i geoid. Pojavilo se mnogo svakovrsnih hipoteza. Živimo sada baš u eri provjeravanja ovih hipoteza. Za pravilno rješenje ovog zadatka treba prikupiti veliki i to pouzdani materijal. Da bismo dobili idealni sferoid, koji bi najbolje odgovarao istinitom obliku Zemlje geoidu, treba svu površinu kopna i velikih otoka pokriti neprekidnom mrežom triangulacija i izvršiti na mnogim točkama astronomska određivanja širine, dužine i azimuta. U geodetskoj literaturi takve su točke dobile naziv Laplaceove, po Laplace-u (1749.—1827.), koji se mnogo bavio pitanjem

o obliku Zemlje i pronašao formule, koje vežu otklon težišnice po duljini s istim otklonom po azimutu. Ali ovaj golemi rad ne će riješiti pitanje, jer će ostati neispitan najveći dio Zemljine površine — oceani. Dakle je geometrijski smjer, u neku ruku, došao u čor sokak. Zasluga je tog smjera velika — samo pomoću njega moguće je odrediti ne samo oblik Zemlje, nego i njene dimenzije.

U pomoć su došli fizičari. Oni su za određivanje oblika Zemlje predložili dinamičku metodu. Pojavila se fizička teorija oblika Zemlje, u kojoj je izučavanje smjera teže zamjenjeno s izučavanjem njenog potencijala, koji se izražava akceleracijom, koju daje sila teža tijelima.

Clairaut je 1743. godine dokazao, da je pomoću jednostavne formule, a na temelju razlike akceleracije sile teže na ekvatoru i polovima, moguće sračunati spljoštenost Zemlje. Najjednostavnije određivanje akceleracije sile teže vrši se pomoću njihala. Takvo određivanje moguće je načiniti ne samo na svakom malom otoku, nego, nakon pronalaska Holandanina Dr Vening-Meinesz-a, može se pomoću njihala odrediti akceleraciju sile teže u podmornicama pod vodom. Tako sada postoji mogućnost odrediti akceleraciju sile teže na svim točkama Zemljine površine. Akceleracija sile teže zavisi od oblika nivo plohe, ali osim toga i od raspodjele masa unutar Zemlje. Čovječanstvo je dobilo novu metodu određivanja oblika Zemlje potpuno nezavisnu od geometrijske metode.

Činjenica, da u Clairaut-ovu formulu ulazi velika poluos Zemljinog sferoida, ne mijenja stvar; i ako u tu formulu uvrstimo veliku poluos bilo kakvog sferoida dobijemo istu spljoštenost. Razumije se, da će proći mnogo godina, dok će na čitavoj Zemlji biti određena akceleracija sile teže i spljoštenost idealnog sferoida, čija će površina najbolje odgovarati nivo plohi geoida. Ali se i sada spljoštenost određena geometrijskom metodom potpuno poklapa sa spljoštenosti određenom pomoću gravimetrijske metode i to okruglo  $\frac{1}{300}$ .

Teorija oblika Zemlje (teorija potencijala sile teže) određuje oblik teoretskog geoida (nazvat ćemo ga tako za razliku od isti-

nitog geoida). Ploha ovog teoretskog geoida dosta je složena. Dovoljno je reći, da je meridijan teoretskog geoida izražen u pravokutnim koordinatama krivulja 14. reda. Ali bez obzira na ovu složenost teoretski je geoid veoma sličan čičnom sferoidu. U prvom približenju geoid obuhvaća sferoid tangirajući ga na polovima i na ekvatoru. Maksimalno odstupanje plohe geoida od plohe sferoida (kod  $\varphi = 45^\circ$ ) jednako je svega približno 20 metara.

Kako se pomoću mjerenja stupnja određuje elemente sferoida, tako se i na osnovu neposredno opažanih akceleracija može odrediti jednadžba sa brojnim koeficijentima, pomoću koje možemo sračunati akceleraciju sile teže za proizvoljnu točku Zemljine površine, a u isto vrijeme usporediti ovu akceleraciju sa neposredno opažanom. Ovakvo je uspoređenje, kao i kod geodetsko-astronomskih radova, potvrdilo postojanje otklona težišnice, jer se opažane akceleracije nisu poklapale sa izračunatim, pa dakle i teoretski geoid s istinitim. Uzrok je ovome isti — nepravilna raspodjela gustoće u Zemljinoj kori.

Iz gore izloženog vidimo, da osim istinitog oblika Zemlje — geoida, čije je proučavanje još daleko od svršetka, postoji čitav niz sferoida, čiji su elementi dobiveni na osnovu različitih mjerenja stupnja, a koji su položeni na osnovu kartografskih radova zasebnih država: sferoid Bessela, Clarkea, Helmerta, Hayforda, Krasovskog i t. d. Doduše, Internacionalna geodetsko-geofizička unija na kongresu održanom u Madridu 1924. godine usvojila je internacionalni sferoid i to:

*Hayford (1909.)*

Velika poluos  $a = 6378388$  metara

Mala „  $b = 6356909$

Spljoštenost  $\frac{a-b}{a} = 1 : 297$

No ovo je usvajanje ostalo na papiru. Gotovo su sve države Zapadne Evrope za praktične radove zadržale Bessel-ove elemente

*Bessel (1841.)*

$$a = 6377397,155 \text{ metara}$$

$$b = 6356078,963$$

$$\frac{a-b}{a} = 1 : 299,15$$

Sovjetski je Savez usvojio 1942. godine sferoid Krasovskog

*Krasovski (1942.)*

$$a = 6378245 \text{ metara}$$

$$b = 6356863$$

$$\frac{a-b}{a} = 1 : 298,3$$

Zadatak geodezije: pronaći takav idealan sferoid, koji bi najbolje ličio na pravi oblik Zemlje — geoid, nije riješen.

Osim sferoida, postoji još jedan približni oblik Zemlje — teoretski geoid, koji je potreban radi proučavanja oblika Zemlje — pomoću akceleracije sile teže. I teorijskih geoida postoji već nekoliko, navedimo dva:

*Helmert (1901.—1909.)* (reduciran na Potsdam)

$$\gamma_0 = 978,030 (1 + 0,005302 \sin^2 \varphi - 0,000007 \sin^2 2\varphi) \text{ cm sec}^{-2}$$

*Cassinis (1930.)*

$$\gamma_0 = 978,0490 (1 + 0,0052884 \sin^2 \varphi - 0,0000059 \sin^2 2\varphi) \text{ cm sec}^{-2}$$

$\gamma_0$  — akceleracija sile teže reducirana na nivo plohu mora.

Cassinis-ov geoid je usvojen na geodetskom kongresu u Stockholmu 1930. god. kao internacionalni. U Helmertovom koeficijent pri  $\sin^2 \varphi$  određen je iz opažanja, a koeficijent pri  $\sin^2 2\varphi$  određen je teoretski.

Kod Cassinisa i jedan i drugi koeficijent određeni su teoretski na osnovu spljoštenosti internacionalnog sferoida 1 : 297.

Kako smo spomenuli naprijed, Indija je bila kolijevkom stvaranja hipoteza radi objašnjenja anomalija u otklonu težišnica. Sve ove hipoteze imaju u svojoj osnovi teoriju izostazije Zemlje.

Pojam Zemljine izostazije sastoji se u slijedećem: zasebni se dijelovi Zemljine kore nalaze u stanju ravnoteže, kao da plivaju u jednoj plastičnoj masi po zakonima hidrostatičke, a to se svodi na konstataciju: gustoća gornjih slojeva Zemlje nije jednolika, ali se na određenoj dubini nalazi površina, ispod koje su slijedeći donji koncentrični slojevi već jednoliki. Ova je površina dobila u geodetskoj literaturi naziv izostatička.

Sada je izniklo novo pitanje: na kojoj se dubini nalazi izostatička površina. Različite hipoteze daju razne dubine. Amerikanac I. F. Hayford je pri određivanju elemenata svoga sferoida primijenio Prattovu hipotezu i pronašao dubinu izostatičke površine jednakom 122,2 kilometra. Elementi Hayfordova sferoida sračunati su na osnovu geodetsko-astronomskih radova izvršenih samo u Sjevernoj Americi, dakle imaju posve mjesni karakter, bez obzira na to, da je ovaj sferoid usvojen kao internacionalni.

Internacionalna je geodetska unija obratila veliku pažnju na pojavu izostazija. 1936. godine radi proučavanja ove pojave, bio je osnovan posebni Zavod za izostaziju u Helsinkiju (Finska) pod upravom Finca W. Heiskanena. Ovaj je institut već sastavio posebne karte, pomoću kojih se može uzimati izostatičke redukcije akceleracija sile teže za sve točke površine Zemlje između paralela  $+70^\circ$  do  $-40^\circ$  geografske širine. Sam se postupak uzimanja izostatičke redukcije sastoji u slijedećem. Najprije zamišljamo da je akceleracija sile teže dobivena neposrednim opažanjem smanjena za veličinu vertikalne komponente, koju stvaraju sve mase, koje se nalaze iznad nivo plohe mora. Nakon toga iste mase zamišljamo nabijene — između nivo plohe mora i izostatičke površine radi uspostavljanja izostatičke kompenzacije, t. j. da bi ove mase bile jednoliko raspoređene u ovom prostoru, i dobivenu akceleraciju povećavamo za veličinu privlačenja ovih masa. Nakon ovih se operacija točka, na kojoj je bilo izvršeno opažanje, spušta na nivo plohu mora pomoću obične korekcije slobodnog uzduha. Teoretski geoid obrađen izostatički zove se izostatičkim geoidom. Mišljenje se pojedinih učenjaka razilazi u pogledu podudaranja

izostatičkog geoida s istinitim. M. A. Glennie je našao, da je u Indiji, kolijevci ove teorije, ovo podudaranje vrlo slabo.

Na kraju treba spomenuti činjenicu, na koju je upozorio Ruđer Bošković, da je Zemlja elastično tijelo i mijenja svoj oblik pod utjecajem Sunca i Mjeseca (plima i oseka krutih dijelova Zemlje). Dakle je zadaća o obliku Zemlje u svojoj biti neodrediva. Geoid nije stalna veličina i u budućnosti će čovječanstvo biti prisiljeno uvesti i za geoid epohe. Za ovu svrhu treba pronaći nove metode, nove sprave radi određivanja oblika i dimenzije Zemlje, koje bi dozvolile izvršiti ovaj rad relativno brzo. Takve metode već su na vidiku. Sada se vrše ispitivanja određivanja dužine pomoću brzine svjetlosti, a njihala se zamjenjuju gravimetrima, čiju je ideju također dao Ruđer Bošković.

*Dr. Danilo Blanuša:*

## PROBLEMI KOZMOLOGIJE I KOZMOGONIJE

### *1. Geometrijska razmatranja*

Razapnemo li tanku nit između dviju točaka u ravnini, dobit ćemo najkraću spojnicu ili »geodetsku crtu«, koju zovemo »pravac«. Spojimo li tri točke u ravnini pravcima i izmjerimo kutove nastalog trokuta, vidjet ćemo, da im zbroj iznosi  $180^\circ$ . Odaberemo li na kuglinoj plohi tri točke i spojimo ih napetim nitima, dobit ćemo sferni trokut, kojemu su stranice geodetske crte na kugli, t. j. dijelovi glavnih krugova. Zbroj kutova u takvom trokutu je veći od  $180^\circ$ . Vidi se dakle, da trokut, kojemu su stranice geodetske crte, u ravnini ima drukčija svojstva nego na kugli. Na toj plohi dakle vrijedi drukčija geometrija nego u ravnini, gdje vrijedi »euklidska« geometrija, koja se uči u srednjoj školi. Geometriju, koja vrijedi na kugli, zovemo »sfernom« geometrijom.

Razapnemo li sada tri niti između triju točaka u našem trodimenzionalnom prostoru, znamo, da će zbroj kutova biti jednak  $180^\circ$ . No što bi bilo, da nam neko vrlo točno mjerenje na nekom, možda vrlo velikom, trokutu pokaže, da je taj zbroj nešto malo veći od  $180^\circ$ ? Pa da nam možda daljim mjerenjima na raznim trokutima uspije ustanoviti, da je suvišak zbroja kutova iznad  $180^\circ$  proporcionalan s površinom trokuta, kako to vrijedi za trokute na kugli? Morali bismo nužno pomisliti, da je geometrija, koja vrijedi u našem prostoru, neko poopćenje geometrije na kugli, kao što je euklidska geometrija prostora poopćenje geometrije u ravnini.

Ako se pita, kako bi se najlakše mogla izučavati takva tro-dimenzionalna »sferna« geometrija, onda se treba sjetiti, kako se dobivaju svojstva likova na kuglinoj plohi. Zamišljajući tu plohu smještenu u trodimenzionalnom euklidskom prostoru dobivamo na temelju poznatih nam geometrijskih svojstava toga prostora svojstva likova na kuglinoj plohi. Možemo reći, da je dvodimenzionalna sferna geometrija na kuglinoj plohi »inducirana« od euklidske geometrije smještajnoga trodimenzionalnog prostora, u kojemu se ta kugla nalazi. Ne bi li se na sličan način moglo doći i do trodimenzionalne sferne geometrije? Trebalo bi u tu svrhu trodimenzionalni »sferni« prostor shvatiti kao smješten u nekom euklidskom prostoru većeg broja dimenzija, a to i nije tako teško.

Sjetimo se, kako je definirana kružnica u ravnini. Kažemo, da je to geometrijsko mjesto točaka, koje su jednako udaljene od jedne točke, središta te kružnice. Neka je to središte, recimo, u ishodištu koordinatnog sustava. Po Pitagorinu poučku je kvadrat udaljenosti neke točke u ravnini s koordinatama  $x, y$  jednak  $x^2 + y^2$ . Mora dakle vrijediti za sve točke kružnice, da je

$$x^2 + y^2 = R^2 \quad (1)$$

ako je  $R$  njezin polumjer. Analogno znamo, da je u prostoru kvadrat udaljenosti točke s koordinatama  $x, y, z$  od ishodišta jednak  $x^2 + y^2 + z^2$ , dakle će kuglina ploha, koja je analogno definirana kao kružnica, imati jednadžbu

$$x^2 + y^2 + z^2 = R^2. \quad (2)$$

Prijeđemo li na razmatranje četverodimenzionalnog prostora i pitamo za geometrijsko mjesto točaka jednako udaljenih od ishodišta koordinatnog sustava, koji je sada razapet sa četiri međusobno okomite koordinatne osi, dobit ćemo analogno jednadžbu trodimenzionalnog sfernog prostora:

$$x^2 + y^2 + z^2 + u^2 = R^2. \quad (3)$$

Sustavnim poopćivanjem postupaka, koji nas u trodimenzionalnom euklidskom prostoru dovode do svojstava likova na kuglinoj plohi, možemo istražiti i geometrijska svojstva sfernog trodimenzional-

nog prostora, smještenog u euklidskom četverodimenzionalnom prostoru. Ne možemo dakako ovdje provesti takvo razmatranje, ali ćemo ipak spomenuti neka svojstva toga sfernog prostora, služeći se radi lakšeg razumijevanja analogijom s kuglinom plohom, t. j. s dvodimenzionalnim sfernim prostorom.

Ravnina je neograničena ploha s neizmjerljivo velikom površinom. Kuglina ploha je također neograničena, ona nema nikakve granice ili ruba, koji bi nas priječio, da po njoj putujemo kamo hoćemo i kako dugo hoćemo. Te granice nema, jer je to u sebi zatvorena ploha. No njezina je površina konačna i jednaka  $4R^2\pi$ . Trodimenzionalni euklidski prostor je neograničen i ima neizmjerljivo velik volumen. Trodimenzionalni sferni prostor neograničen je, možemo u njemu putovati kako god hoćemo, a da ne ćemo naići na zapreku. No njegov je volumen konačan, jer je to u sebi zatvoren prostor, slično kao što je u sebi zatvorena kuglina ploha. Može se izračunati, da taj volumen iznosi

$$V = 2R^3\pi^2. \quad (4)$$

Moglo bi se pitati, da li bi se mjerenjem kutova nekoga trokuta mogao odrediti polumjer  $R$  toga prostora. Zaista je to u načelu moguće. Poslužimo se, recimo, nekim pravokutnim trokutom, kojemu smo izmjerili duljinu  $c$  hipotenuze i kutove  $\alpha$  i  $\beta$  uz hipotenuzu. Vrijedi onda kao u sfernoj trigonometriji, da je

$$\cos \frac{c}{R} = \operatorname{ctg} \alpha \operatorname{ctg} \beta. \quad (5)$$

Iz ove jednadžbe mogao bi se izračunati  $R$ .

Podemo li iz neke točke na kugli u nekom smjeru po geodetskoj, t. j. po najravnijoj crti, kako nam je određuje napeta nit, doći ćemo, obišavši kuglinu plohu, opet u istu točku, vraćajući se iz protivnoga smjera. Prevaljeni put je »opseg« kugline plohe i iznosi  $2R\pi$ . Podemo li iz neke točke sfernoga prostora u nekom smjeru po geodetskoj crti, kako nam je određuje napeta nit, doći ćemo i tu opet do iste točke prošavši put  $2R\pi$ , koji zovemo »opseg« sfernoga prostora. I ovdje se vraćamo u tu točku sa suprotne strane. Ova tvrdnja kod laika obično nailazi na veliko

protivljenje, jer je nikako ne možemo zorno obuhvatiti. No da smo kojim slučajem dvodimenzionalna, plošna bića, koja žive na kuglinoj plohi, vrlo bismo se čudili, da idući uvijek naprijed i ne skrećući ni lijevo ni desno, dođemo opet do ishodne točke. Da smo pri tome obišli kružnicu u prostoru, ne možemo uvidjeti, jer nam nedostaje zorna predodžba trodimenzionalnih odnosa. Mi smo uvjereni, da smo neprestano išli »ravno«, po »pravcu«. Kako smo se onda mogli vratiti u prvotnu točku?

Pođu li na kuglinoj plohi iz jedne točke putnici u raznim smjerovima po geodetskim crtama, t. j. po glavnim krugovima, oni će se sastati u dijametralno suprotnoj točki, pošto su prevalili put  $R\pi$ . Pođu li u sfernom prostoru iz jedne točke putnici u raznim smjerovima po »pravcima«, t. j. po najravnijim, dakle po geodetskim crtama, i oni će se, pošto su prevalili put  $R\pi$ , sastati u jednoj točki, koju zovemo dijametralnom.

Odaberimo na kuglinoj plohi jednu točku, recimo sjeverni pol na zemaljskoj kugli, i opišimo oko njega kružnicu, kojima je taj pol sferno središte. To bi na zemaljskoj kugli bile paralele. Povećamo li sferni polumjer takve kružnice, t. j. udaljenost pola mjerenu uzduž meridijana do jedne točke paralele, opseg takve kružnice će se povećavati, dok paralela ne prijeđe u ekvator. Povećamo li dalje sferni polumjer, kružnica se opet smanjuje, dok se ne stegne u dijametralnu točku, u južni pol. Analogno, ako oko neke točke sfernoga prostora opišemo koncentrične kugle, njihova površina će se povećavati, kad im povećavamo polumjer, do nekoga maksimuma. Dotičnu kuglu ćemo zvati ekvatorom s obzirom na odabranu točku kao pol. Povećavamo li dalje polumjer, kugla se smanjuje i konačno stegne u dijametralnu točku. Površina ekvatorijalne kugle bit će  $4R^2\pi$ , a njezin polumjer je  $\frac{R\pi}{2}$ , jednako kao sferni polumjer ekvatora na kugli.

Računamo li na kugli površinu  $P$  unutar kružnice, kojoj je zadan sferni polumjer  $r$  (mjereno u jedinicama duljine, ne u stupnjevima), t. j. površinu kalote omeđene tom kružnicom, dobivamo

$$P = 4\pi R^2 \sin^2 \frac{r}{2R} \quad (6)$$

Za volumen unutar kugle u sfernom prostoru račun daje

$$V = 2\pi R^2 \left( r - \frac{R}{2} \sin \frac{2r}{R} \right). \quad (7)$$

Stavimo li  $r = \frac{R\pi}{2}$ , daje nam (6) površinu polukugle (t. j. kalote omeđene ekvatorom, a (7) prelazi u volumen ekvatorijalne kugle, t. j. volumen sfernog poluprostora, u skladu sa (4).

Povucimo sada kroz jednu točku sfernoga prostora sve geodetske crte okomite na jedan zadani smjer. Te crte tvore »geodetsku«, t. j. najravniju plohu. Takva je ploha u stvari »glavna« kugla sfernoga prostora, analogno kao što je na kuglinoj plohi geodetska crta glavni krug. Za nas, koji smo u tom prostoru, ta će najravnija ploha biti »ravnina«, kao što je za plošna bića na kugli glavni krug »pravac«. No na toj ravnini vrijedi sferna geometrija, ona je u sebi zatvorena, i ako u njoj putujemo u nekom stalnom smjeru, vratit ćemo se s protivne strane u ishodnu točku.

Pošto smo tako upoznali neka svojstva sfernoga prostora, prijeći ćemo na drugo pitanje. Pretpostavimo, da je na nekoj plohi mjerenjima ustanovljeno, da geodetski trokuti imaju suvišak zbroja kutova iznad  $180^\circ$ , koji je proporcionalan s površinom trokuta. Da li onda ta ploha mora biti kugla, ili možda postoji još koja druga zatvorena ploha, na kojoj je takva geometrija moguća? Zaista ima još jedna druga mogućnost. Pokušat ćemo najprije tu plohu definirati na ponešto apstraktan način. Uzmimo kuglinu plohu i »identificirajmo« dijametralne točke, t. j. smatrajmo, da su dvije dijametralne točke jedna te ista točka. Geometrija u manjim dijelovima plohe, u kojima nema parova dijametralnih točaka, nije se time promijenila. No promijenila se geometrija, ako promatramo cijelu plohu. Na kugli se dvije geodetske crte, t. j. dva glavna kruga, sijeku u dvije točke, koje su dijametralne. Smatramo li ih jednom točkom, postigli smo, da se dvije takve crte sijeku samo u jednoj točki. Time smo se približili euklidskoj geometriji, gdje se dvije geodetske crte, t. j. dva pravca, također mogu sjeći samo u jednoj točki. Razlika je samo ta, da u euklidskoj geometriji pravci mogu da se i ne sijeku (kada su paralelni), dok te mogućnosti ovdje nema. Geometrija, koja je

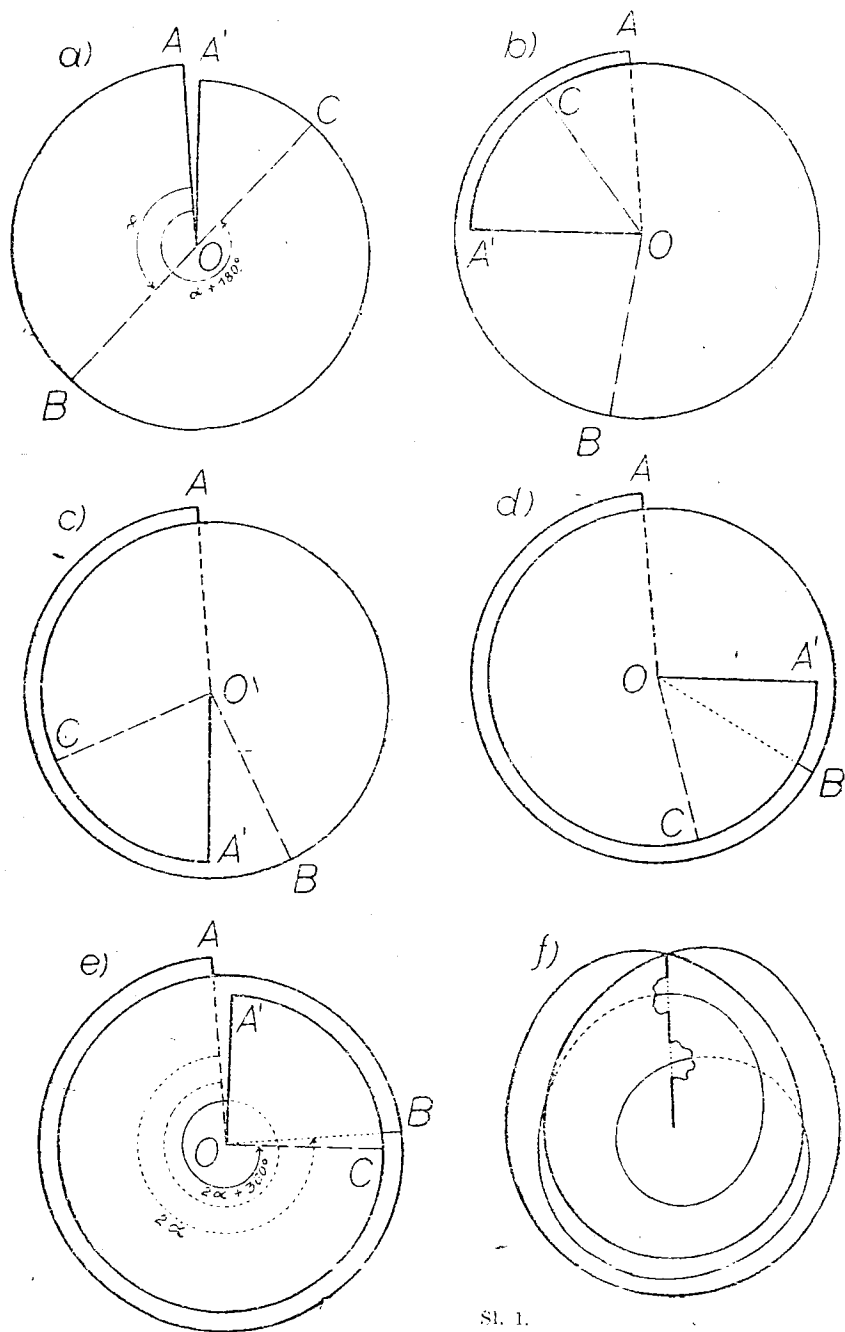
dobivena takvim identificiranjem dijametralnih točaka na kugli, jedna je od dviju »neeuklidskih geometrija« i zove se »eliptička geometrija«. Druga je neeuklidska geometrija t. zv. »hiperbolna geometrija« ili »geometrija Lobačevskoga«, za koju je karakteristično, da je zbroj kutova u trokutu manji od  $180^\circ$  i da je manjak proporcionalan s površinom trokuta. Kroz neku točku može se u toj geometriji povući neizmjereno mnogo pravaca, koji ne sijeku zadani pravac, dok u euklidskoj geometriji ima samo jedan takav pravac, a u eliptičkoj nijedan. Te su neeuklidske geometrije upravo pronađene na temelju dugotrajnih uzaludnih pokušaja, da se aksiom o paralelama u euklidskoj geometriji dokaže iz drugih aksioma. Kako vidimo, eliptička je geometrija identična sa sfernom, ako se promatraju samo manji dijelovi plohe, ali se od nje razlikuje, kada plohu promatramo u cjelini.

Vratimo se sada na našu kuglu, na kojoj su identificirane dijametralne točke. Poželjno bi bilo naći plohu, na kojoj vrijedi eliptička geometrija, a da ne trebamo prethodno identificirati neke točke, t. j. htjeli bismo, da na toj plohi »jedna točka« bude zbilja samo jedna točka. Da do takve plohe dođemo, razrežimo našu kuglu uzduž ekvatora i odbacimo, recimo, južnu polovicu. Točke te južne polukugle već su zastupane na sjevernoj polovici kao njima dijametralne točke, koje su s njima identične. Jedino je na rubu sjeverne polukugle, t. j. na ekvatoru, još ostalo dijametralnih točaka. Da se i njih riješimo, trebalo bi polukuglu svinuti tako, da se dijametralne točke ekvatora sastanu i tako budu stvarno identificirane. Time bi ujedno iz otvorene polukugle opet nastala zatvorena ploha. No to bismo savijanje htjeli izvršiti tako, da duljine crta i kutovi na plohi ostanu nepromijenjeni, jer će onda geodetske, t. j. najkraće crte (sjetimo se napete niti) ostati najkraće, dakle će geodetski trokut ostati geodetski trokut s istim kutovima, i geometrija na plohi nije poremećena. Treba dakle plohu svinuti bez rastezanja ili, kako se još kaže, bez nutarnjeg »izobličenja«. Za početak ćemo međutim odbaciti taj drugi zahtjev i dopustiti, da plohu rastežemo kako hoćemo. Ne

smijemo je samo raskinuti, t. j. svaka suvisla crta na njoj mora ostati suvisla.

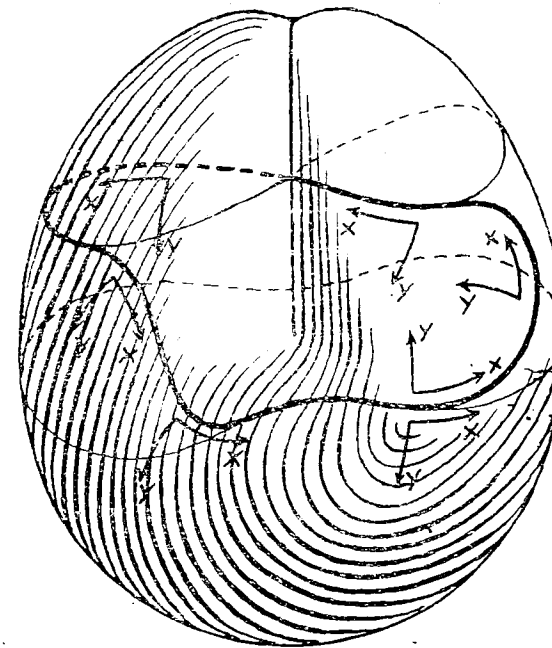
Zamislimo dakle polukuglu kao neku gumenu membranu i rastegnimo joj jako rub, tako da se polukugla razvuče u ravnu plohu omeđenu kružnicom, koja je nastala rastezanjem njezina ruba. Razrežat ćemo tu kružnu membranu uzduž jednoga njezina polumjera  $OA$  (sl. 1a). Time smo je doduše raskinuli, ali ćemo to popraviti, jer ćemo na kraju taj rez opet sašiti. Sada zakrećemo polumjer  $OA'$  u smislu protivnom od kazaljke na satu, tako da ploha postepeno sama sebe prekriva (sl. 1b do 1e). Vidi se, da je polumjer  $OA'$  došao opet u prvotni položaj, tako da ga možemo sašiti s polumjerom  $OA$  i tako pokrpiti, što smo na početku raskinuli. Pri tom, istina, moramo prodrijeti kroz samu plohu, jer se polumjeri  $OA$  i  $OA'$  nalaze s različitih strana plohe. Ploha sada sama sebe siječe (sl. 1f; u slici je nacrtana jedna zatvorena krivulja na plohi, da se bolje shvati njezina povezanost). Kružni rub se kod ove cijele operacije rastegnuo na dvostruki opseg i svaki njegov luk se podvostručio. Pratimo li dvije prvotno dijametralne točke  $B$  i  $C$ , kojim odgovaraju kutovi  $\alpha$  i  $\alpha + 180^\circ$  prema  $OA$  (sl. 1a), vidimo, da su te točke na kraju došle u isti položaj, jer im sada odgovaraju kutovi  $2\alpha$  i  $2\alpha + 360^\circ$  (sl. 1f). Postignuto je dakle, da svake dvije dijametralne točke sada leže jedna uz drugu. Treba samo plohu sašiti uzduž njezina kružnoga ruba, i identifikacija dijametralnih točaka je izvršena. Ploha je opet zatvorena, i ako je još malo napuhnemo, kao kakav balon, ona će se prikazati prema sl. 2.

S takvom plohom još nismo zadovoljni. Ona doduše zadovoljava naš prvi zahtjev, da svaka suvisla crta na polukugli ostaje suvisla crta i na toj plohi. No ima drugih svojstava, koja nam se ne sviđaju. U prvom redu ploha sama sebe prodire, pa su time na presječnici identificirane neke točke, koje ne treba da budu identificirane. Dalje ona u točki  $O$  ima t. zv. razgranište, u kojoj se ploha »grana«. Konačno smo morali polukuglu kojekako rastezati, tako da je geometrija na njoj sasvim poremećena. U trodimenzionalnom prostoru ne možemo ukloniti sve te manjke. No



Sl. 1.

već se u četverodimenzionalnom prostoru ta ploha može prikazati bez singulariteta i samoprodiranja. Da li je moguće prikazati je u tom prostoru i bez nutarnjega izobličenja, nije još poznato. No može se to učiniti u peterodimenzionalnom euklidskom prostoru.<sup>1</sup>



Sl. 2.

Na takvoj će plohi zaista vrijediti eliptička geometrija, i mi ćemo je stoga zvati »dvodimenzionalnim eliptičkim prostorom«.

Deformirani oblik te plohe prema sl. 2. može poslužiti, da se vide neka tipična svojstva, u kojima se ta zatvorena ploha bitno razlikuje od kugline plohe. Znamo, da se u analitičkoj geometriji ravnine razlikuju »desni« i »lijevi« koordinatni sustavi. U desnom sustavu treba pozitivnu os X zakrenuti za 90° u smislu obrnutom od kazaljke na satu, da padne u pozitivnu os Y. U lijevom sustavu je treba zakrenuti u smislu kazaljke na satu. Nacrtajmo na našoj plohi jedan mali desni »sustav«, t. j. dvije

<sup>1</sup> Vidi D. Blanuša, Le plongement isométrique des espaces elliptiques dans des espaces euclidiens. Glasnik mat.-fiz. i astr. T. 2, 1947., str. 248—249.



kratke međusobno okomite geodetske crte, koje označimo strelicama i slovima  $X$  i  $Y$  (sl. 2). Pomičemo li taj sustav po plohi uzduž krivulje, koja je na slici označena, konačno će os  $X$  pasti u prvotni položaj osi  $X$ , dok će os  $Y$  imati suprotni smjer prvotne osi  $Y$ . Desni sustav se dakle pretvorio u lijevi. To na kuglinoj plohi ne možemo postići, ma kako po njoj micali ovakav sustav. Kažemo stoga, da je kugla »orijentabilna« ploha, dok je naša ploha »neorijentabilna«. Vidi se iz toga, da je ta ploha drukčije u sebi povezana nego kuglina ploha.

Prijedimo sada na trodimenzionalni sferni prostor i pokušajmo identificirati dijametralne točke. Postupat ćemo slično kao kod kugle. Razrežat ćemo prostor po jednoj glavnoj kugli i odbaciti jednu njegovu polovicu. Na toj glavnoj kugli još postoje dijametralne točke, koje treba identificirati. Morali bismo dakle sferni poluprostor tako svinuti, da se sastanu dijametralne točke na njegovu kuglastom rubu. To se može izvršiti bez nutarnjeg izobličenja u deveterodimenzionalnom euklidskom prostoru, pa se tako dobije »trodimenzionalni eliptički prostor«, u kojemu vrijedi trodimenzionalna eliptička geometrija. (Dotične formule za još općenitiji slučaj smještenja  $N$ -dimenzionalnog eliptičkog prostora u  $\frac{N(N+3)}{2}$ -dimenzionalnom euklidskom prostoru mogu se naći pod <sup>1</sup>.) Opet se dvije geodetske crte sijeku samo u jednoj točki, dok se u sfernom prostoru sijeku u dvije. Duljina takve u sebi zatvorene geodetske crte samo je polovica duljine u sfernom prostoru i iznosi dakle  $R\pi$ . Tu duljinu zovemo opsegom eliptičkoga prostora. Geodetska ploha u tom prostoru ne će više biti glavna kugla, nego dvodimenzionalan eliptički prostor. Budući da je to najravnija ploha, koju možemo položiti kroz neku točku okomito na zadan smjer, mi ćemo je zvati »eliptičkom ravninom«.

Raspravljajući o mogućnosti ploha i prostorâ, u kojima vrijedi geometrija, gdje geodetski trokuti imaju suvišak zbroja kutova iznad  $180^\circ$  proporcionalan s površinom trokuta, nastojali smo uvidjeti egzistenciju takvih ploha i prostorâ na taj način, da smo ih zamišljali smještene u euklidskom prostoru dovoljnoga broja dimenzija. No matematička mogućnost postojanja tih ploha i

prostorâ može se uvidjeti i bez toga pomagala, samo je to pojmovo teže. Budući da postojanje kugline plohe uviđamo neposredno na temelju zorne predodžbe njezina smještenja u trodimenzionalnom euklidskom prostoru, mogli smo sustavnim stvaranjem analogija učiniti pristupačnim i postojanje eliptičke ravnine te sfernoga i eliptičkoga prostora. Kako će se vidjeti u nastavku ovoga članka, u okviru opće teorije relativnosti se razmatra mogućnost, da bi naš svemirski prostor mogao biti sferni ili eliptički prostor. No ne treba zato zamišljati, da bi takav prostor morao biti smješten u nekom višem euklidskom prostoru. Možemo dakako pomisliti, da je tako, no kako su sva naša iskustva iz našega trodimenzionalnoga prostora, ne možemo nikada saznati za nešto, što bi bilo izvan njega, dakle ni to, da li postoji neki viši prostor, u koji smo smješteni. To je uostalom uvijek tako bilo, jer i onda, ako je naš prostor euklidski, kako se to od uvijek držalo, možemo zamišljati, da je smješten u nekom višem, recimo četverodimenzionalnom prostoru.

## 2. Einsteinov zatvoreni svemir

U općoj teoriji relativnosti se pokazuje, da u gravitacionim poljima ne vrijedi točno euklidska geometrija, nego da se geometrijska svojstva prostora mijenjaju od mjesta do mjesta, već prema karakteru polja gravitacije.<sup>2</sup> No u velikoj daljini od svemirskih masa, gdje su sile gravitacije vrlo slabe, može se uzeti, da se geometrija svemirskog prostora približava euklidskoj. U tom se smislu prema prvotnoj koncepciji Einsteinove opće teorije relativnosti moglo smatrati, da je geometrija svemirskog prostora, gledanoga u velikim razmjerima, uglavnom euklidska, i da se samo u blizini pojedinih svemirskih masa očituju odstupanja od zakona te geometrije. Prostor bi prema tome bio neizmjeran, kao što se to uzimalo i prije teorije relativnosti.

No već su se u klasičnoj nebeskoj mehanici pokazivale teškoće u vezi s pretpostavkom neizmjernog prostora. Pretpostavi li se,

<sup>2</sup> Vidi D. Blanuša, Teorija relativnosti, Boškovićev almanah 1950., str. 200—221, napose 219—220.

da je u tom prostoru razdioba svemirskih masa uglavnom jednolika, t. j. da su svemirske mase, u velikim dijelovima toga prostora gledano, podjednako gusto raspoređene, račun pokazuje, da bi međusobno privlačenje tih masa po Newtonovu zakonu gravitacije doseglo neizmjereno velike vrijednosti sa svih strana i da bi tako djelovanje svih masa na jednu pojedinu masu postalo matematički neodređeno. Osim toga se može zaključiti, da bi sjaj neba morao biti svagdje jednak i odgovarati sjaju Sunca, jer bi čitavo nebo moralo biti pokriveno zvijezdama, i one bi se čak još prekrivale u neizmjernim nizovima jedna iza druge. Već su C. Neumann (1874.) i H. v. Seeliger (1895.) ukazali na to, da bi se stoga moralo pretpostaviti, da gustoća masa u svemiru opada brže nego recipročna vrijednost kvadrata udaljenosti od nas. No ta je hipoteza teško održiva. Ne samo da se ne vidi razlog takvoj raspodjeli masa, nego je Einstein ukazao i na to, da se zvjezdani sustav može isporučiti s plinom, koji se sastoji od pojedinih molekula, i da bi taj plin zvijezda morao biti u statističkoj ravnoteži. Kada bi gustoća svemirskih masa opadala, kako smo spomenuli, moralo bi se događati, da pojedina svemirska tjelesa izlete iz toga sustava i da se više ne vraćaju. Zvjezdani bi sustav tako morao »opustjeti«. Jedna je druga mogućnost, da Newtonov zakon gravitacije ne vrijedi sasvim točno. Prema tom zakonu izlazi, da je potencijal gravitacije neke mase razmjernan s recipročnom vrijednošću udaljenosti. Moglo bi se pretpostaviti, da se ta recipročna vrijednost mora još pomnožiti eksponencijalnom funkcijom, koja za razmjerno male udaljenosti vrlo polako opada, tako da se razlike praktički ne očituju. Potencijal te vrste je istraživao već C. Neumann (1896.). No ovdje se može prigovoriti, da takav zakon nije ničim fizički opravdan, pa se mora smatrati ad hoc uvedenom hipotezom bez dubljega opravdanja. Na treću mogućnost, kojom bi se mogle ukloniti spomenute teškoće, ukazao je C. V. L. Charlier (1921.). On zamišlja konstituciju svemira ovako. Izvjestan broj zvijezda tvore jednu »galaksiju«, kao što je, recimo, naša Mliječna staza. Neki izvjestan broj takvih galaksija tvori sustav drugoga reda, izvjestan broj sustava drugoga reda sustav trećega

reda i t. d. Dobiva se tako neka hijerarhija sustava, i ako između veličine tih sustava i broja njihovih elemenata (t. j. sustava nižega reda, od kojih je sastavljen dotični sustav) postoje izvjesne relacije, može se pokazati, da su zaista uklonjene teškoće neizmjerne sile gravitacije i sjaja nebeske kugle. No ta je hipoteza Charlierova svemira s beskonačnom hijerarhijom sve viših sustava ipak dosta umjetna i ne čini se vjerojatnom.

U općoj teoriji relativnosti situacija isprva nije bila bolja. I ovdje je trebalo pretpostaviti, da gustoća masa opada dovoljno brzo s udaljenošću. Pri tom se pojavio još jedan dalji prigovor. Prema zasadama teorije relativnosti ne postoji neki »apsolutni prostor«, prema kojem bi se gibale mase u svemiru. Postoje samo relativna gibanja jedne mase spram drugih. Po zakonu tromosti tijelo se opire ubrzanju. A spram čega se tijelo ubrzava? Zar spram apsolutnog prostora? U duhu teorije relativnosti moramo reći, da se ubrzava spram sveukupnosti ostalih svemirskih masa. No ako gustoća tih masa opada s daljinom i ako je u vrlo velikim daljinama prostor sve više euklidske strukture, onda u vrlo velikim udaljenostima od masa ta euklidska struktura određuje koordinatne sustave, prema kojima se tjelesa mogu ubrzavati pod utjecajem nekih sila. Ta euklidska struktura, kojoj teže geometrijska svojstva prostora, kad se neograničeno udaljujemo od masa, preuzima tako u neku ruku ulogu »apsolutnog prostora«, tako da ova pretpostavka nije u skladu sa zahtjevom pune relativnosti gibanja, koji je osnovni princip teorije relativnosti. Taj zahtjev, da nema »apsolutnih« ubrzanja, već samo relativnih prema ostalim masama, postavio je već prije teorije relativnosti E. Mach, pa je Einstein stoga običavao govoriti o »Machovu principu«.

Sve ove teškoće učinile su poželjnim, da se nađe takvo rješenje konstitucije svemira, gdje bi prostor bio doduše neograničen, ali konačan, t. j. u sebi zatvoren, kao što su sferni i eliptički prostor. Tada bi otpala potreba, da se postave neki uvjeti, koji bi određivali geometrijsku strukturu prostora u neizmjernosti, što narušava Machov princip, i mogla bi se pretpostaviti podjednaka

razdioba masa u tom prostoru, tako da bi se zvjezdani sustav zaista ponašao poput plina u statističkoj ravnoteži.

No prvotne Einsteinove jednadžbe gravitacionog polja nisu dopuštale takvo rješenje. U klasičnoj mehanici tim jednadžbama odgovara t. zv. Laplace-Poissonova diferencijalna jednadžba, koju mora zadovoljavati potencijal Newtonove gravitacije. Ta je jednadžba drugoga reda, t. j. u njoj se pojavljuju derivacije drugoga reda toga potencijala, i to linearno. U općoj teoriji relativnosti imamo 10 veličina, koje određuju geometriju prostorno-vremenskoga kontinuuma,<sup>3</sup> i te veličine preuzimaju ulogu potencijala gravitacije. Einstein je stoga tražeći jednadžbe gravitacionoga polja pošao od zahtjeva, da dotične jednadžbe treba da budu drugoga reda s obzirom na tih 10 potencijala gravitacije, i da se njihove druge derivacije moraju pojaviti linearno. No jednadžbe, koje je isprva postavio, nisu bile najopćenitije u tom smislu, već je u okviru opće teorije relativnosti postojala mogućnost, da se one nadopune još jednim članom, koji je sadržavao novu, nepoznatu konstantu. Dodavanje toga člana omogućilo je ukloniti koncepciju neizmjernoga svemira i nadomjestiti je hipotezom zatvorenoga sfernoga ili eliptičkoga svemira. Zato se taj član i zove »kozmoški član« i ona nepoznata konstanta u njemu »kozmoška konstanta«. Teorija pokazuje, da je ta konstanta  $\lambda$  povezana s polumjerom svemira jednadžbom

$$\lambda = \frac{1}{R^2}, \quad (8)$$

a s ukupnom masom svemira jednadžbom

$$\lambda = \frac{\pi^2 c^4}{4 M^2 k^2}, \quad (9)$$

gdje je  $k$  konstanta gravitacije,  $M$  masa svemira, a  $c$  brzina svjetlosti. Izrazimo li masu  $M$  pomoću srednje gustoće  $\rho$  i volumena, koji je dan jednadžbom (4), izlazi

$$\lambda = \frac{4\pi k \rho}{c^2}, \quad (10)$$

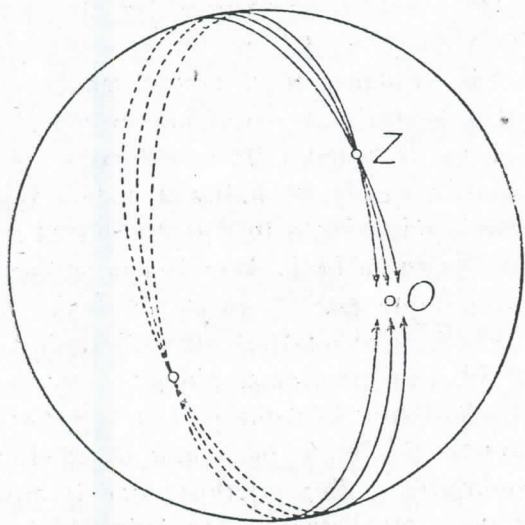
čime je  $\lambda$  izražen u zavisnosti od srednje gustoće svemira. Da se nađe iznos te kozmoške konstante i veličine sfernoga ili eliptičkoga prostora, treba dakle znati, koja je srednja gustoća masa

u svemiru. Za to nam dakako stoje na raspolaganje podaci samo iz onoga dijela svemira, koji je unutar dosega današnjih dalekozora, pa ne preostaje drugo, nego ekstrapolirati te podatke na cijeli svemir, t. j. pretpostaviti, da je gustoća u čitavom svemiru ista, kao u nama dosada pristupačnom njegovu dijelu. U posljednjih trideset godina ti su se podaci znatno mijenjali, jer se gradnjom velikih teleskopa golemo dosega vrlo povećao materijal opažanja. Gustoća se danas cijeni mnogo manja nego u vrijeme, kada je Einstein postavio tu svoju hipotezu, i stoga se po današnjem računu može smatrati, da bi polumjer takva sfernoga svemira morao iznositi 3,5 do 35 milijarda godina svjetlosti, što bi odgovaralo gustoći od  $10^{-28}$  do  $10^{-30}$  g/cm<sup>3</sup>, dok se u ono doba taj polumjer cijenio samo na 14 do 800 milijuna godina svjetlosti, što je odgovaralo srednjoj gustoći od  $0,5 \cdot 10^{-24}$  do  $1,5 \cdot 10^{-27}$  g/cm<sup>3</sup>. Zbog velikih teškoća u pouzdanoj procjeni srednje gustoće ti su podaci u tako širokim granicama. No ako uzmemo samo donju granicu danas vjerojatne vrijednosti, t. j. polumjer od 3,5 milijarda godina svjetlosti, tomu bi odgovarao opseg sfernoga prostora od po pr. 22 milijarde godina svjetlosti, dok je doseg danas najvećeg dalekozora na Mt. Palomaru oko jedne milijarde do najviše milijardu i po godina svjetlosti. Pretpostavimo li taj najveći doseg i računamo pomoću formule (7) volumen, koji je tom dalekozoru pristupačan, pa ga isporidimo s volumenom čitavoga sfernoga prostora prema formuli (4), račun pokazuje, da vidimo samo otprilike jednu četrdesetinu svemirskoga volumena. Dakako, da bi trebalo još uzeti u obzir, da tom dalekozoru uopće nije pristupačan velik dio južnoga neba. Ako je prostor eliptički, bio bi mu volumen samo polovica, pa se taj omjer poboljšava na jednu dvadesetinu. Napominjemo, da smo ovdje uzeli najpovoljniji slučaj, jer smo računali najmanjim vjerojatnim volumenom čitavoga svemira, a najvećim mogućim volumenom, koji bi još mogao biti opažanjima pristupačan.

Jedan prigovor, koji je stavljen protiv hipoteze zatvorenoga svemira, bio je taj, da bi se tada morala svaka zvijezda vidjeti i s dijametralne strane, jer bi njezina svjetlost, obiđavši svemir,

morala do nas doprijeti i s protivne strane. Razmotrit ćemo tu mogućnost.

Da izlaganja budu pristupačnija zornoj predodžbi, uzet ćemo, da je svemir dvodimenzionalan, dakle kuglina ploha. Zrake svje-



Sl. 3.

losti, koje izviru iz neke zvijezde Z (sl. 3) putuju po geodetskim crtama, t. j. po glavnim krugovima. Izravnim putem tako dopiru u dalekozor opažača O vrlo slabo divergentan snop zraka svjetlosti. Zrake, koje su izaslane u protivnom smjeru, najprije divergiraju, zatim počinju konvergirati, pošto su prevalile četvrtinu opsega i sastaju se u točki, koja je dijametralna točki Z. Tamo dakle nastaje žarište. Prešavši tu točku, zrake opet divergiraju, zatim poslije dalje četvrtine opsega konvergiraju prema zvijezdi Z i na svom putu susreću opažača O. Opažać dobiva dakle u svoj dalekozor slabo konvergentan snop. Razabira se lako, da u dalekozor ovim indirektnim putem ulazi isto tolik snop zraka, kao direktnim putem. Jedne i druge zrake su praktički paralelne, tako da bi se dakle morala zvijezda s dijametralne strane vidjeti u istom sjaju. Ako je prostor eliptički, rezultat je isti, samo nema dija-

metralne točke, dakle ni žarišta, i indirektnne zrake dopiru do opažača već onda, kada prvi puta konvergiraju.

Protiv ovoga zaključka mogu se staviti razne primjedbe. U prvom redu indirektnne zrake prevaljuju mnogo dulji put, one su dakle ranije izaslane. Vremenska razlika iznosit će u slučaju sfernoga prostora barem nekih 20 milijarda godina, a u slučaju eliptičkoga prostora barem kojih 10 milijarda. Jasno je, da prije toliko vremena zvijezda sigurno nije bila na istom mjestu, a pitanje je, da li je uopće postojala ili je tek kasnije nastala. To pitanje ide u istraživanja o razvoju zvijezda. No da je zvijezda i postojala i bila na istom mjestu, sigurno ne bi imala isti sjaj. Dalje treba uzeti u račun, da je svjetlost na tako golemu putu mogla biti djelomično apsorbirana od drugih svemirskih tjelesa i od svemirske prašine, za koju znamo, da se ponegdje u svemiru susreće. Konačno, a to je možda najvažniji argument, treba uočiti, da naše razmatranje pretpostavlja, da je svemir točno sferan odnosno eliptički. U stvari je to sigurno idealizacija, jer svemirske mase nisu sasvim jednoliko raspoređene po svemiru, pa stoga ni geometrija nije svagdje jednaka, naročito se ona mijenja u blizini pojedinih svemirskih tjelesa. Zrake svjetlosti će stoga svakako biti na neki način raspršene i ne će opet konvergirati prema početnom mjestu, pošto su obišle cijeli svemir. Jasno je stoga, da se nikako ne može očekivati, da bi se neka zvijezda mogla vidjeti sa suprotne strane, pa taj prigovor protiv hipoteze zatvorenoga prostora otpada.

Razmotrit ćemo još pitanje, da li bi se mjerenjem kutova nekoga dovoljno velikoga trokuta dao ustanoviti sferni eksces, t. j. suvišak zbroja kutova iznad  $180^\circ$ , pa tako ustanoviti, da li u svemiru vrijedi sferna geometrija. Trebalo bi u tu svrhu dakako mjeriti kutove u svakom vrhu takvoga trokuta. Da račun bude što jednostavniji, odabrat ćemo pravokutan istokračan trokut. Pretpostavimo dakle, da smo pronašli dvije zvijezde, koje su od nas udaljene za 5 godina svjetlosti, a spojnice naše Zemlje s tim zvijezdama stoje pod pravim kutom, tako da Zemlja i te zvijezde zaista čine pravokutan istokračan trokut. Učinit ćemo sada fantastičnu pretpostavku, da na nekim planetima tih zvijezda postoje

inteligentna bića, s kojima smo se uspjeli sporazumjeti pomoću svjetlosnih signala. Dakako, postavimo li tim bićima neko pitanje, morat ćemo 10 godina čekati na odgovor, jer toliko treba, dok vijest putuje onamo i natrag. Neka su dakle ta bića izmjerila kutove uz hipotenuzu našega trokuta i saopćili nam rezultat. Kolik će biti sferni eksces, ako računamo s polumjerom svemira od 3,5 milijarda godina svjetlosti? Da to procijenimo, provest ćemo približan račun. Kateta našega trokuta je dugačka 5 godina svjetlosti, što je vrlo malo prema opsegu svemira, koji iznosi 22 milijarde godina svjetlosti. Eksces će dakle biti vrlo malen, a za izračunavanje hipotenuze trokuta možemo se poslužiti Pitagorinim poučkom, koji će za takav trokut biti vrlo približno ispravan. Hipotenuza dakle iznosi  $5\sqrt{2}$  godina svjetlosti. Ako eksces ozna-

čimo sa  $\epsilon$ , bit će svaki kut uz hipotenuzu  $c$  jednak  $\frac{\epsilon}{2} + \frac{\pi}{4}$ . (Kutove ćemo mjeriti u lučnoj mjeri.) Jednadžba (5) onda daje

$$\cos \frac{c}{R} = \operatorname{ctg}^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\epsilon}{2} \right), \quad (11)$$

Kvadriramo li tu jednadžbu i izrazimo desno kotangens pomoću kosinusa dvostrukog kuta, možemo pisati

$$1 - \sin^2 \frac{c}{R} = \frac{\left[ 1 + \cos \left( \frac{\pi}{2} + \epsilon \right) \right]^2}{\left[ 1 - \cos \left( \frac{\pi}{2} + \epsilon \right) \right]^2} = \frac{(1 - \sin \epsilon)^2}{(1 + \sin \epsilon)^2}, \quad (12)$$

a odavle je

$$\sin^2 \frac{c}{R} = 1 - \frac{(1 - \sin \epsilon)^2}{(1 + \sin \epsilon)^2} = \frac{4 \sin \epsilon}{(1 + \sin \epsilon)^2} \quad (13)$$

Nazivnik desne strane vrlo je blizu jednak 1, jer je  $\sin \epsilon$  vrlo malen. U brojniku možemo mjesto  $\sin \epsilon$  pisati  $\epsilon$ , jer je za malen kut sinus vrlo blizu jednak samom kutu u lučnoj mjeri. Isto tako možemo i na lijevoj strani zamijeniti sinus sa samim kutom, jer je  $c$  malen prema  $R$ . Dobivamo tako

$$\frac{c^2}{R^2} = 4\epsilon \quad (14)$$

ili

$$\epsilon = \frac{c^2}{4R^2} \quad (15)$$

Da izračunamo eksces u sekundama, treba tu vrijednost još pomnožiti sa okruglo  $2 \cdot 10^5$  (točnije: 206264,806), tako da izlazi

$$\epsilon'' = \frac{(5 \cdot \sqrt{2})^2}{4(3,5 \cdot 10^9)^2} \cdot 2 \cdot 10^5 = 2 \cdot 10^{-13}. \quad (16)$$

Sferni eksces iznosi dakle dvije desetbilijuntine lučne sekunde. Jasno je, da se takva točnost mjerenja kutova uopće ne da zamisliti. Čak uz fantastičnu pretpostavku, da možemo saznati za kut, koji treba izmjeriti na mjestu udaljenom od nas 5 godina svjetlosti, nema dakle ni govora o tome, da bismo mogli ustanoviti sferni eksces nekoga trokuta mjerenjem njegovih kutova. Pitanje geometrije svemira u velikom mora se stoga odlučiti na temelju sasvim drugih razmatranja.

### 3. Dinamička rješenja

Einsteinov zatvoreni svemir je t. zv. statičko rješenje jednadžbi gravitacije, što znači, da konstitucija svemira u velikim razmjerima ostaje vremenski nepromijenjena, napose njegov polumjer se ne mijenja. No već je A. Friedman (1922.) ukazao na mogućnost dinamičkih rješenja, kod kojih se taj polumjer vremenski mijenja. Dinamička su rješenja potpuno spojiva s Einsteinovim jednadžbama gravitacije i postoje dosta raznolika takva rješenja. Pretpostavku promjenljiva polumjera svemira trebalo je razmotriti s više razloga. U jednu ruku su A. S. Eddington (1930.) i B. Lemaitre (1931.) pokazali, da je Einsteinov svemir instabilan, t. j. njegov polumjer se mora početi mijenjati, čim nastanu izvjesne promjene u raspodjeli masa, na pr. koncentracije na pojedinim mjestima svemira. U drugu ruku su opažanja utvrdila, da vrlo daleki svemirski objekti, svemirske maglice, pokazuju t. zv. Dopplerov efekt pomaka spektralnih linija prema crvenom kraju spektra. Taj se efekt može opaziti i kod akustičkih pojava. Odmiče li, recimo, neka lokomotiva od nas, čut ćemo dublji ton zviždaljke, a približava li nam se, čujemo viši ton. U slučaju odmicanja dolaze dakle do nas zvučni valovi manje frekvencije, dakle duljega vala. Isto tako izvor svjetlosti, koji odmiče, šalje nam svjetlost, koja je manje frekvencije, dakle duljega vala, i

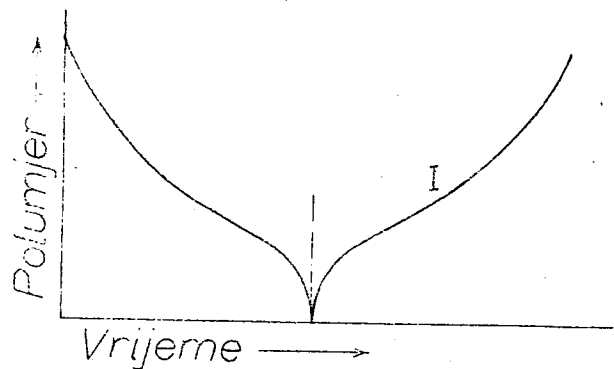
spektralne linije te svjetlosti moraju stoga biti pomaknute prema crvenom kraju spektra. Može se tako zaključiti, da se daleki svemirski objekti prosječno od nas udaljuju, i to sve većim brzinama, čim je udaljenost veća. Te su pojave naročito istraživali Hubble i Humason. Pokazalo se, da je u prvom približenju brzina odmicanja razmjerna s udaljenošću. Točnija analiza opažanja dala je nešto kompliciranije odnose, pa su za to postavljene razne približne formule.

Zamislimo li, da se svemir rasteže, t. j. da mu se polumjer povećava, jasno je, da će se udaljenost pojedinih objekata povećavati, jer su oni razbacani po sve većem volumenu cijeloga svemira, pa se stoga mora opaziti odmicanje tih objekata od bilo koje točke u tom svemiru. B. Lemaitre postavio je teoriju (1927.), da je naš svemir specijalan slučaj Friedmanovih rješenja. On je uzeo, da između kozmološke konstante  $\lambda$  i ukupne mase  $M$  svemira postoji ona relacija, koja vrijedi u Einsteinovu statičkom svemiru, a pretpostavlja pri tome, da se radi o eliptičkom prostoru. Dobiva na taj način eliptički prostor, koji je u neizmjerne dalekoj prošlosti bio Einsteinov prostor, ali se sve brže rasteže, tako da mu polumjer teži prema neizmjerne.

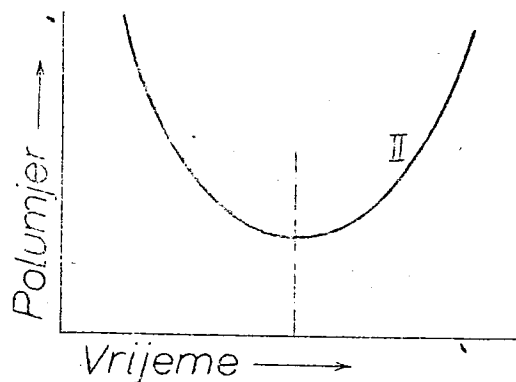
Ovdje treba spomenuti, da je pored Einsteinova svemira poznato još jedno drugo statičko rješenje jednadžbi gravitacionog polja, a to je rješenje našao de Sitter. To drugo rješenje spojivo je s jednadžbama gravitacije uz pretpostavku, da je srednja gustoća svemira jednaka nuli. Radi se dakle o graničnom slučaju vrlo male gustoće. I de Sitterov prostor je sferni prostor, ali ponešto čudnih svojstava. U prvom redu u njemu postoji centrifugalno gravitaciono polje. Time bi se dalo protumačiti odmicanje dalekih svemirskih maglica, pa je stoga de Sitterov prostor bio ozbiljno razmatran. No osim toga u tom prostoru satovi idu sve polaganije, čim su udaljeniji od nas, a u udaljenosti od četvrt opsega, dakle na »ekvatoru«, satovi uopće stoje, tamo se dakle ništa ne zbiva. H. Weyl je pokazao, da bi se morao pretpostaviti t. zv. »horizont mase«, t. j. masa razdijeljena u zoni oko ekvatora, ako se hoće ukloniti paradokсна tvrdnja, da satovi na tom ekva-

toru stoje. Time bi ujedno bilo razumljivije, da u tom prostoru postoji centrifugalno gravitaciono polje, premda u prostoru nema masa, jer je gustoća nula. Ekvator se prikazuje kao neka neprekoračiva granica, jer nijedno tijelo ne može preko njega doprijeti, čak i svjetlost treba neizmjerne dugo, dok do njega dođe. Međutim pitanje se razjasnilo, kada je K. Lanczos pokazao (1922.), da se prikladnom transformacijom prostorno-vremenskoga koordinatnog sustava može postići, da nestane gravitaciono polje u de Sitterovu prostoru. Umjesto toga se sada pokazuje, da prostor mijenja svoj polumjer, da se dakle u stvari radi o dinamičkom rješenju. Horizont mase je time također nestao, i ekvator nije više neprekoračiva granica. Prostorno-vremenske točke s onu stranu ekvatora prikazuju se u de Sitterovu koordinatnom sustavu kao »poslije vječnosti« odnosno »prije vječnosti«, prema tome, da li svjetlost onamo odlazi ili je odanle došla. No ni u Lanczosovu koordinatnom sustavu ne može zraka svjetlosti obići cijeli prostor, kao što je to moguće u Einsteinovu prostoru. Ako je zraka svjetlosti pošla prije neizmjernog vremena, ona će u neizmjernej budućnosti dospjeti do dijametralne točke. Što je kasnije pošla, to je manji njezin doseg. Ako se mjesto sfernog prostora pretpostavi eliptički, onda će zraka svjetlosti u vremenu od  $-\infty$  do  $+\infty$  upravo obići cijeli prostor. Ova nemogućnost vraćanja u konačnom vremenu nije zavisna o koordinatnom sustavu, kako se može pokazati.

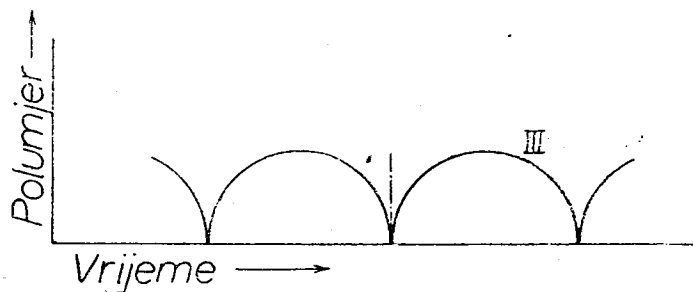
Osim Lemaitrova dinamičkoga rješenja razmatrane su još druge mogućnosti. Ako se pretpostavi, da je masa svemira veća od one, koja odgovara relaciji (10) za Einsteinov svemir, polumjer svemira raste u neizmjernost od nekoga trenutka, u kojemu je bio jednak nuli. Računamo li, što je bilo prije toga, izlazi, da se polumjer smanjivao od neizmjernosti do nule. (V. sl. 4, u kojoj je na apscisi naneseno vrijeme, a kao ordinata polumjer svemira.) Da je polumjer u nekom trenutku nula, ne može dakako odgovarati stvarnosti. No treba uočiti, da kod malenih vrijednosti polumjera mase dolaze tako blizu, da se više ne može govoriti o jednoliko razdijeljenoj materiji, kako to sva ta rješenja pret-



Sl. 4.



Sl. 5.



Sl. 6.

postavljaju. Može se dakle uzeti, da je u to doba polumjer bio razmjerno vrlo malen, ali da nije bio nula. Druga je mogućnost, da je masa svemira manja, nego što odgovara relacijama, koje vrijede za Einsteinov statički svemir. Onda se polumjer smanjuje od neizmjernosti do neke konačne minimalne vrijednosti i zatim opet raste u neizmjernost (sl. 5). Ovako se ponaša i polumjer de Sitterova svemira u Lanczosovoj koncepciji, jer je taj svemir u stvari granični slučaj, kada je masa jednaka nuli. No ima još jedna treća mogućnost, naime da polumjer oscilira između nule i neke konačne vrijednosti (sl. 6). Ni ovdje dakako ne možemo pretpostaviti, da u realnosti polumjer postaje zaista jednak nuli.

Kod svih tih mogućnosti smo dosada pretpostavljali, da je kozmološka konstanta pozitivna, kao što je to ona kod Einsteinova svemira, i da je geometrija sferna odnosno eliptička. No dinamička rješenja pružaju još bogatije mogućnosti. Prije svega, pokazuje se, da kozmološka konstanta  $\lambda$  ne mora biti pozitivna, već može biti i nula ili negativna. Dalje može geometrija biti ne samo eliptička (odnosno sferna) nego i euklidska ili hiperbolna, t. j. eksces kutova u trokutu može biti i nula ili negativan. U tim različitim slučajevima moguća su po neka rješenja poput gore spomenutih, koja ćemo označiti rimskim brojevima I, II, III, kako je i u slikama učinjeno. Kakva su rješenja u pojedinom slučaju moguća, pokazuje ovaj pregled.

	eliptička geometrija	euklidska geometrija	hiperbolna geometrija
$\lambda > 0$	I II III	I	II
$\lambda = 0$	III	I	I
$\lambda < 0$	III	III	III

U slučaju euklidske geometrije je prostor neizmjeran, tako da se ne može govoriti o polumjeru. No slika onda pokazuje, kako se mijenja udaljenost dvaju tijela, koja su u tom prostoru na miru. Da je moguće pretpostaviti  $\lambda = 0$ , t. j. da jednadžbe gravi-

tacionog polja nije potrebno nadopuniti »kozmoškim članom«, naročito su istakli Einstein (1931.) i de Sitter (1932.).

Usprkos toga bogatog izbora raznih mogućnosti konstitucije svemira, koje daju ponešto različite rezultate u pogledu relacije između udaljenosti svemirskih maglica i Dopplerova efekta, ipak nije sigurno, da se opažanja daju potpuno uskladiti s jednim od tih rješenja. Zato je u najnovije doba G. C. Omer (1949.) uzeo u razmatranje mogućnost, da razdioba masa u svemiru nije jednolika i razvio je model inhomogenoga svemira.

Sve u svemu se može reći, da pitanje oblika svemira još nikako nije konačno riješeno. Opažanja, koja će se moći vršiti pomoću novoga dalekozora na Mt. Palomaru dat će zacijelo dragocjenih podataka, koji će pridonijeti, da se razbistre problemi u vezi s tim pitanjem.

#### 4. Milneova teorija

Sa sasvim drugog gledišta pristupio je rješavanju kozmoških problema E. A. Milne. Dok se u izloženim kozmoškim teorijama polazi od prirodnih zakona, kako smo ih uspjeli otkriti u našoj okolini, pa se ti zakoni ekstrapoliraju na cijeli svemir i na taj način istražuju mogućnosti njegove konstitucije u velikom, u Milneovoj teoriji se polazi od nekih općih principa, koji treba da vrijede za svemir, pa se iz njih nastoje deducirati ne samo svojstva svemira u velikom, već i sami prirodni zakoni, t. j. zakoni gravitacije i elektromagnetizma. Na taj bi se način prirodni zakoni trebali dobiti »a priori«, t. j. na temelju nekih općih postulata. Milneova teorija se dakle ne ograničava samo na pitanja kozmologije, nego bi trebala obuhvatiti svu fiziku. Teorija datira od god. 1932. i odonda se stalno dalje izgrađuje.

Temeljni postulat Milneove teorije je t. zv. kozmoški princip. Milne razmatra izvjesnu razdiobu opažanja u svemiru, koje zove »osnovnim opažanjima«. Ta razdioba opažanja se zove »substrat«. Kozmoški princip onda izriče, da svaki od tih opažanja u svom koordinatnom sustavu ustanovljuje, da se ostali opažanja radijalno od njega odmiču konstantnim brzinama. Njihovi koordinatni sustavi su povezani Lorentzovim transformacijama spe-

cijalne teorije relativnosti. Dalje pretpostavlja, da je Hubbleov zakon proporcionalnosti udaljenosti i brzine odmicanja točno ispravan za sve opažanje, kad ih se motri sa stajališta bilo kojega od njih, a proteže se do granice svemira, na kojoj se nalaze opažanja s brzinom svjetlosti  $c$ . Pored tih pretpostavki uvodi još neke druge, od kojih je najbitnija zahtjev, da ne postoje univerzalne konstante, koje bi imale fizičku dimenziju različitu od nule s obzirom na duljinu i vrijeme. Ne možemo ovdje izložiti, na koji način Milne na temelju tih postulata i još nekih drugih pretpostavki dolazi do zakona gibanja pojedinih čestica i time do zakona gravitacije i čak elektromagnetizma. On svakako odbacuje opću teoriju relativnosti, koja, kako je poznato, uključuje teoriju gravitacije, i dolazi na sasvim drugi način do fenomena međusobnog privlačenja masa.

Pitanje, do koje granice se njegovi rezultati razlikuju od koncepcija, koje dobivamo na temelju opće teorije relativnosti, obradili su Robertson (1935.) i Walker (1937.). Oni su našli, da su usprkos vrlo različitih stajališta i načina zaključivanja te dvije teorije ipak dosta srodne, i da se koncepcija Milneova svemira može do neke granice interpretirati i kao relativistički model. Glavno razilaženje nastaje zbog Milneova zahtjeva o dimenziji univerzalnih konstanti, mjesto kojega se u općoj teoriji relativnosti zahtijeva, da se čestice gibaju po geodetskim crtama prostorno-vremenskoga kontinuuma. Ta se dva zahtjeva općenito ne slažu, kako su spomenuti autori uspjeli pokazati.

Budući da kozmoški princip bitno uključuje pretpostavku homogene raspodjele masa u velikom, a teorija sebi postavlja zadatak, da deducira opće zakone fizike, to bi odstupanje iz nje dobivenih zakona od onih, koje stvarno opažamo, značilo, da se pretpostavka homogenosti mora napustiti, a time bi pala i cijela njegova teorija. U drugu ruku, ako se drugim putem ustanovi, da ta razdioba nije homogena, opet bi ta teorija bila pobijena. Relativističke teorije su u tom pogledu elastičnije, jer dopuštaju i koncepciju inhomogenog svemira. Kako smo spomenuli, takve se mogućnosti u novije doba i razmatraju.



Protiv Milneove teorije iznesene su od raznih stručnjaka kritičke primjedbe, dijelom načelne prirode, koje ovdje ne možemo raspraviti. Možda je dobro spomenuti, da se nikako ne vidi, kako bi se iz njegovih principa moglo doći do zakona kvantne fizike. Istina, ni opća teorija relativnosti još nije potpuno usklađena s kvantnom fizikom, i tek će budućnost pokazati, koja je od tih teorija bolje približenje makroskopskih odnosa, gdje se kvantne pojave primjetno ne očituju.

Svakako se može reći, da Milneova teorija predstavlja zanimljiv pokušaj, koji je dao neke frapantne rezultate. Ipak mnogi učenjaci vrlo skeptično gledaju na tu teoriju, pa treba sačekati dalji razvoj, da se pokaže, koja je njezina korist za naše saznanje o prirodi.

### 5. Kozmogonija

U uskoj vezi s pitanjima kozmologije, koja smo raspravili, istražuju se problemi kozmogonije, t. j. razvoj svemira i pojedinih njegovih dijelova, skupova galaksija, skupova zvijezda i samih zvijezda, kojih ima raznih vrsta.<sup>3</sup> Mi ćemo se ovdje ograničiti na nekoliko napomena o razvoju svemira u velikom, dok ćemo pustiti po strani opsežno područje astrofizike, u kojemu se raspravlja o životnom putu pojedinih zvijezda i njihovih skupova.

Dvije su različite temeljne pretpostavke, pomoću kojih se pokušava dobiti slika o razvoju svemira. Jedna se sastoji u tome, da se svi prirodni zakoni i sve univerzalne konstante kao Planckova konstanta, konstanta gravitacije i brzina svjetlosti smatraju nepromjenljivim. Razmatra se onda razvoj svemira unutar jedne izvjesne epohe, koja se naziva »sadašnja epoha« ili »starost svemira«. Što je bilo prije te epohe, ne ulazi u razmatranje, jer se tako daleko ne proteže moć naših zaključivanja. Po drugoj, bitno različitoj metodi se navode razlozi za pretpostavku, da se univerzalne konstante s vremenom polagano mijenjaju, pa se na temelju toga izvode dalji zaključci.

<sup>3</sup> Za probleme kozmologije vidi O. Heckmann, *Theorien des Kosmologie*, Springer, Berlin 1942. Opširan pregled preko današnjeg stanja kozmogonijskih istraživanja i opsežnu literaturu daje D. ter Haar, *Cosmogonical Problems and Stellar Energy*, *Reviews of Modern Physics*, vol 22 (1950), No. 2, str. 120—152.

Još nije tome jako dugo, da su se u pogledu starosti svemira razmatrale dvije mogućnosti: t. zv. dugačka vremenska skala i kratka vremenska skala. Po pretpostavci dugačke vremenske skale smatralo se, da je svemir, kako ga danas vidimo, izgledao otprilike isto tako kroz prošlih 5 do 10 bilijuna ( $10^{12}$ ) godina. Naprotiv, po kratkoj vremenskoj skali se misli, da se u neko doba, od kojega je prošlo  $10^9$  do  $10^{10}$ , dakle nekoliko milijarda godina, dogodila neka fundamentalna svemirska katastrofa ili eksplozija, koja znači začetak sadašnje epohe. Što je prije toga bilo, zasad je izvan mogućnosti naših razmatranja.

Dugačka vremenska skala bila je prihvaćena nekako do god. 1930., kada je ideja svemira, koji se rasteže, prisilila astronome, da to pitanje ponovo i što točnije razmotre. Argumenti za kratku vremensku skalu izvire iz različitih istraživanja. U jednu ruku se na temelju raspravljenih modela svemira može izračunati, da je prije nekoliko milijarda godina polumjer svemira morao biti vrlo malen (ili, teoretski, nula), pa su se kod te velike koncentracije masa mogli odvijati neobični događaji, koje zovemo temeljnom katastrofom. Samo rastezanje svemira nam je pak nametnuto opažanjem odmicanja dalekih svemirskih galaksija. Dalje se istražuje dinamika skupova galaksija i skupova zvijezda, pa se iz sadašnjeg stanja tih skupova može zaključiti, koliko je vremena moralo proći, da takvo stanje nastane. Razmatraju se i binarni sustavi zvijezda, t. j. sustavi dviju zvijezda, koje kruže jedna oko druge (dvojne zvijezde). Zbog susretanja s drugim zvijezdama takvi bi se sustavi ponekad morali razvrgnuti. Račun pokazuje, da broj takvih sustava ne odgovara stanju statističke ravnoteže, nego da je razbijanje takvih sustava tako reći tek počelo. Dakako, da to ukazuje na kratku vremensku skalu, jer samo u izvanrednim uvjetima temeljne katastrofe ili razmjerno kratko vrijeme iza nje takvi su sustavi mogli u tom broju nastati. Račun opet daje period od nekoliko milijarda godina. Po ranijim istraživanjima smatrala se jednolika razdioba kinetičke energije među zvijezdama u blizini Sunca kao jedan od najjačih argumenata za dugačku vremensku skalu. Međutim noviji, vrlo pomno

provedeni računi su pokazali, da taj zaključak nije bio opravdan. Tako je Gondolatsch (1948.) našao, da u našoj Mliječnoj stazi vrijedi prosječna relacija

$$M(v^2)^{0,98} = \text{const.}, \quad (17)$$

dok bi kod statističke ravnoteže trebale kinetičke energije zvijezda biti podjednake, t. j. trebalo bi vrijediti

$$\frac{Mv^2}{2} = \text{const.}, \text{ dakle i } Mv^2 = \text{const.} \quad (18)$$

Vidi se iz jednadžbe (17), da zvijezde s velikom masom imaju relativno prevelike brzine, a zvijezde s malom masom premale brzine. Računajući vrijeme, u kojemu je moglo doći do sadašnjega stanja, Gondolatsch dobiva period reda veličine od milijardu godina, dakle opet kratku vremensku skalu. Dalji argumenti izlaze iz razmatranja jezgrinih reakcija, koje se po današnjem našem znanju događaju u zvijezdama, na pr. u našem Suncu, jer se može procijeniti, kako dugo takva reakcija daje potrebnu energiju zračenja. I ovdje se dolazi do sličnih rezultata u pogledu starosti takve zvijezde. Konačno se može iz poznate brzine raspadanja radioaktivnih elemenata i njihove procentualne količine u odnosu prema drugim elementima izračunati starost Zemlje odnosno Sunčevog sustava. Pretpostavi li se na pr., da su u vrijeme, kada se Zemlja formirala, postojale podjednake količine uranovih izotopa sa 235 odnosno 238 elementarnih čestica u jezgri (dok se danas izotop sa 235 čestica, koji se može iskoristiti za dobivanje atomske energije, nalazi u vrlo maloj količini u smjesi tih izotopa), dobiva se na temelju poznatog poluvremena raspadanja opet vremenski period od nekoliko milijarda godina. Isti rezultat je dobiven i iz istraživanja sastava meteora.

Može se reći, da je danas odluka pala u korist kratke vremenske skale, koja znači, da je starost svemira nekoliko milijarda godina.

Od teorija opće kozmogonije, koje pretpostavljaju, da se osnovne konstante u prirodnim zakonima ne mijenjaju, spomenut ćemo samo modernu Weizsäckerovu teoriju (1947.), koja je dobro

povezana s njegovim ranijim razmatranjima o postanku Sunčeva sustava (1944., 1946.), a u vezi je i s problemom postanka današnjih kemijskih elemenata.

Weizsäcker pretpostavlja, da su se zvijezde i galaksije formirale za vrijeme sadašnje epohe, i polazi od početnog stanja, gdje je svemir bio ispunjen turbulentnim plinom, u kojemu razni dijelovi imaju velike relativne brzine. Za te brzine smatra, da su nastale prije početka sadašnje epohe. Promatrajući neki element turbulencije, koji je ujedno područje nešto veće gustoće, može se očekivati, da će zbog privlačenja drugih čestica njegova masa postepeno rasti, i svemirski plin će se raspasti u mnogo takvih sustava, koji rotiraju i mogu se smatrati začetkom pojedinih galaksija. Unutar takvog sustava iznova će se formirati pojedini manji sustavi, koji mogu biti začetak zvijezda, i dalje još manji, koju daju planete i konačno satelite. Weizsäcker promatra kvantitativno takav proces postepene koncentracije masa i uspijeva procijeniti vrijeme potrebno za formiranje pojedinih sustava, već prema tome, kolika je njegova masa. Ti se rezultati dobro slažu s opažanjima o stanju rotacije tih sustava, koje se također može predvidjeti na temelju takvog procesa nastajanja. U opširniju diskusiju o tome ovdje ne možemo ulaziti. Postanak samog Sunčevog sustava također bi se tumačio na sličan način, pa se vidi, da je time poznata Kantova teorija, koja je već bila uglavnom napuštena, opet oživjela u modernijem i točnijem obliku. Na temelju Weizsäckerovih računa može se shvatiti, zašto su nutarnji planeti maleni i veće gustoće, a vanjski veliki i manje gustoće. No jedan pojav u Sunčevu sustavu ostao je nepotpuno objašnjen, a to je razmjerno polagana rotacija samoga Sunca, koja bi po takvoj teoriji nastajanja morala biti mnogo brža. Može se, istina, pretpostaviti, da su čestice, koje su padale u Sunce dolazeći iz vanjskoga dijela početnog plina, usporavale njegovu rotaciju, a osim toga su vanjski dijelovi, koji rotiraju polaganije od sredine plinovite mase, mogli svojom viskoznošću zaustavljati nutarnji dio. No račun pokazuje, da su svi ti utjecaji mnogo premaleni, a da bi mogli rastumačiti stvarno stanje.

Ne ćemo ovdje raspraviti druge teorije o nastajanju Sunčeva sustava, nego ćemo se radije pozabaviti argumentima, na kojima baziraju opće kozmogonije s pretpostavkama promjenljivih osnovnih konstanti u prirodnim zakonima.

Na mogućnost vremenski promjenljive konstante gravitacije ukazao je već P. A. M. Dirac (1937., 1938.). Njegova je argumentacija ova. Iz atomskih konstanti može se sagraditi elementarna jedinica duljine (t. j. konstanta s fizičkom dimenzijom duljine)

$$\lambda_0 = \frac{e^2}{mc^2}, \quad (19)$$

gdje su  $e$  i  $m$  naboj i masa elektrona, i elementarna jedinica vremena

$$\tau_0 = \frac{e^2}{mc^3}. \quad (20)$$

Uzmemo li starost svemira  $\tau$  sa, recimo,  $3 \cdot 10^9$  godina, ta će starost izražena u elementarnim jedinicama vremena iznositi

$$N_1 = \frac{\tau}{\tau_0} = 10^{39}. \quad (21)$$

U drugu ruku se može jedna konstanta bez dimenzije načiniti kao omjer Coulombove električke sile i sile gravitacije između elektrona i protona. Izlazi

$$N_2 = \frac{e^2}{r^2} \cdot \frac{c^2}{kmM_p} = 2 \cdot 10^{39}, \quad (22)$$

gdje je  $M_p$  masa protona. Dirac sada postavlja ovaj princip: »Bilo koje dvije vrlo velike konstante bez dimenzije, koje se javljaju u prirodi, povezane su jednostavnom matematičkom relacijom, u kojoj su koeficijenti reda veličine jedinice.« No to bi značilo, da omjer brojeva  $N_1$  i  $N_2$  ostaje vremenski konstantan, a iz toga izlazi, da se konstanta gravitacije  $k$  mijenja proporcionalno s  $\frac{1}{\tau}$ . Dirac nije ovu ideju razradio do neke kozmogonijske teorije, ali je to učinio P. Jordan (1944. do 1949.). Na temelju razmatranja, koja ovdje ne možemo potanje izložiti, on dolazi do koncepcije zatvorenog svemira, kojemu se polumjer povećava proporcionalno s vremenom. Postajanje zvijezda tumači »spontanom nastajanjem« pojedinih masa, pri čemu se za to potrebna

energija crpi iz energije polja gravitacije. Za to spontano nastajanje dobiva izvjesne relacije između mase i starosti pojedinih zvijezda, a te se relacije slažu s drugim astrofizičkim rezultatima. Ipak ta teorija ima i svoje slabe strane, kao što uopće nijedna dosadašnja kozmogonijska teorija ne zadovoljava u svakom pogledu.

Na kraju ćemo još reći nekoliko riječi o pitanju postanka kemijskih elemenata.

G. Gamow (1946.) i neki drugi (Alpher, Herman, Smart, 1948. do 1950.) razvili su teoriju o postanku kemijskih elemenata, prema kojoj su kemijski elementi nastali u prvim sekundama sadašnje epohe, kad je postojala neka vrsta jezgrine tekućine, koja je naglo ekspandirala zbog rastezanja svemira. Neutronske plin, koji je tako najprije nastao, počeo je stvarati protone raspadanjem neutrona u protone i elektrone, a zatim su raznim jezgrinim procesima nastajali kemijski elementi. Ne upuštajući se ovdje u opširno razrađene pojedinosti te teorije, koja daje dobro slaganje s današnjom procentualnom razdiobom pojedinih elemenata, spomenut ćemo samo jednu glavnu teškoću te teorije. Gamow naime pretpostavlja otvoren svemir, koji se rasteže. No na temelju gustoće materije, koja je potrebna, da se iz nastalog plina kondenzacijom stvaraju galaksije i zvijezde, mora se zaključiti, da bi svemir morao biti zatvoren. Račun onda pokazuje, da bi ukupna masa takvoga svemira s dovoljnom gustoćom bila mnogo manja, nego što se to može procijeniti prema drugim podacima.

Jedna druga teorija o nastajanju elemenata pretpostavlja, da su se kemijski elementi formirali u nutrašnjosti zvijezda kao stanje statističke ravnoteže jezgrinih procesa pod dotičnim uvjetima temperature i t. d. Takvu su teoriju razmatrali Sterne (1933.), Weizsäcker (1937., 1938.), zatim Klein, Beskow i Treffenberg (1946.) i drugi. I ova je teorija opširno obrađena. Elementi, koji su stvoreni kao rezultat statističke ravnoteže unutar zvijezda, mogu se održati samo onda, ako se dotična temperatura brzo snizi, tako da nema vremena za nastajanje druge statističke ravnoteže i time drukčije razdiobe elemenata. To »smrzavanje« statističke

ravnoteže smatra se, da može nastati kod zvijezda zvanih novae i supernovae, kod kojih zbog izvjesnih nestabilnosti dolazi do velike eksplozije, pa se jedan znatni dio zvijezdine mase izbaci u svemir. Elementi stvoreni na taj način razidu se po svemiru, a po računima spomenutih autora nije isključeno, da količina tako nastalih kemijskih elemenata zaista odgovara stvarnom stanju. Početno stanje se pri tome zamišlja tako, da je svemir bio ispunjen vodikom, pa je onda u smislu Weizsäckerove kozmogonije došlo postepeno do formacije galaksija i zvijezda, a u njima su nastajali današnji kemijski elementi. I ova se teorija bori s raznim teškoćama, u koje ovdje dalje ne ulazimo.

#### 6. Zaključak i pogled u budućnost

Obuhvatimo li sve, što je izneseno u ovom letimičnom pregledu, vidimo, da je razvoj kozmoloških i kozmogonijskih istraživanja u prošlim decenijama bio neobično živ. Vidimo i to, da taj razvoj ni izdaleka nije završen, jer se danas razmatraju različite teorije, a da se još ne da reći, koja je od njih zaista blizu istini. Materijal takvih razmatranja crpen je iz vrlo različitih područja. Golemo povećanje astronomskih opažanja, omogućenih modernim dalekozorima velikog dosega, kombinira se sa saznanjem prirodnih zakona u najsitnijim djelićima materije, a okvir tih razmatranja daje razrada ideja opće teorije relativnosti. Pitamo li za smjernice budućeg razvoja, jasno je, da će u prvom redu dalje povećanje astronomskih podataka omogućiti odluku između mnogih mogućnosti, koje se danas razmatraju, a produbljenje saznanja o jezgrinim procesima će razbistriti razna astrofizička pitanja i time posredno i pitanje opće kozmogonije. No ova kombinacija rezultata mikrofizike i astronomije može donijeti ploda još na sasvim drugi način. Doseg današnjih dalekozora ne će se moći neograničeno povećavati. Za to govore dva razloga. Jedno je sila teža, koja uzrokuje elastične deformacije velikih zrcala i leća u dalekozorima, a i deformacije njihove nosive konstrukcije. Time se ograničava ona krajnja točnost, koja je potrebna kod tih konstrukcija. Drugo je utjecaj Zemljine atmosfere, koja svojim

strujanjima i inhomogenostima kviri točnost najfinijih opažanja. Trebalo bi dakle graditi dalekozor negdje, gdje nema atmosfere i gdje nema sile teže. U drugu ruku se može očekivati, da će se primjenom atomske energije uspjeti riješiti problem interplanetarnog putovanja. Ako uspije raketnim pogonom svladati gravitaciono polje Zemlje i dospjeti u interplanetarni prostor, moglo bi se pomisliti i na to, da se sagradi opservatorij, koji slobodno gravitira oko Zemlje u prikladnoj udaljenosti, svakako daleko izvan atmosfere. Tamo bi se mogao izvesti dalekozor golemih razmjera, a da mu ne smeta ni sila teža, koja bi na takvom umjetnom satelitu bila praktički nula, niti Zemljina atmosfera, koje tamo nema. Na taj bi način bilo moguće povećanje dosega naših astronomskih opažanja, kakvo na Zemlji ne možemo nikada očekivati. Razumije se, da će za ostvarenje takve ideje trebati riješiti velik broj teških problema, ne samo tehničkih, nego primjerice i medicinskih, jer treba ljudima omogućiti boravak u takvom opservatoriju. Treba im umjetno stvoriti uvjete za život, zaštititi ih od prejakih zračenja, ispitati, da li mogu trajno podnositi odsutnost sile teže i t. d. Ako bi se primjerice pokazalo, da organizam ne podnosi trajno odsutnost polja gravitacije, morale bi se načiniti centrifuge, u kojima bi se umjetno stvorilo takvo polje, koje odgovara uvjetima na Zemlji. Nema svrhe ulaziti u pojedinosti takve zamisli, jer je to stvar daleke budućnosti, i dotični problemi će se postepeno rješavati. No smatramo sigurnim, da je ta na prvi pogled fantastična ideja, koju su već odavna izrekli razni autori, potpuno u okviru onoga, što nam obećava dosadašnji razvitak znanosti i tehnike.

*Drago Grdenić:*

## RENTGENSKA STRUKTURNA ANALIZA KAO NAJMOĆNIJI MIKROSKOP

### *Uvod*

Mikroskop je otkrio ljudskom oku neslućeni svijet sićušnog, svijet takve raznolikosti kakvu nije opisivala nijedna fantastična priča. Istraživači su bili kao očarani pred tim svijetom »mikroskopski malog« kao pred novim još neistraženim kontinentom. Možda nijedan izum nije bio tako uzbudljiv, možda nijedan nije izazivao toliku znatiželju, tolik interes za promatranjem, kao mikroskop.

No, nema tog mikroskopa koji bi mogao zadovoljiti ljudsko oko i ugasiti ljudsku znatiželju. Što su bili sitniji predmeti, koji su se mikroskopom mogli promatrati, što su se više širile granice mikroskopskog svijeta, to je bila veća želja za gledanjem još manjeg i neznatnijeg. Želja za promatranjem još neviđenog, »ultra-mikroskopskog« svijeta bila je tim veća što je više napredovala nauka o tom svijetu i otkrivala njegove tajne drugim metodama. Taj svijet što je nedokučiv običnim mikroskopom je svijet atoma i molekula.

U ovom ćemo članku pokazati kako je nauka doskočila ne-moći običnih mikroskopa pred atomskim i molekularnim dimenzijama, kako je izradila matematičke metode koje služe kao »matematičke leće« kojima možemo zagledati duboko u finu strukturu materije. No, prije nego pređemo na te metode moramo se upoznati principima na kojima se osniva obična mikroskopija.

Moderni mikroskopi savršeniji su i bolji od negdašnjih. Konstruktori mikroskopa išli su za tim da postignu što veća povećanja. Promatrati što manje objekte, to je bila želja istraživača i potreba nauke. Pokazalo se međutim da samo povećanje nije presudno za kakvoću mikroskopa. Prvenstveno značenje ima takozvana moć razlučivanja. Veliko povećanje nije od naročite koristi ako mikroskop istovremeno ne pruža mogućnost da jasno razabiremo detalje na objektu što ga promatramo. Potrebno je stoga znati kako blizu smiju još biti dva detalja (dviije »točke«) na predmetu da ih pod mikroskopom možemo vidjeti odvojeno. Dva mikroskopa iste moći povećavanja mogu se u tom pogledu silno razlikovati. Razumije se, da je u tom slučaju onaj mikroskop bolji koji dopušta bolje razaznavanje sitnih detalja na predmetu ili, drugim riječima, koji nam pruža vjerniju sliku predmeta.

I moć povećavanja i moć razlučivanja mikroskopa ovise o mnogim čimbenicima. Konstrukcija mikroskopa, kakvoća leće i način promatranja bez sumnje su od velike važnosti. No, to nije sve. Već se davno znaju granice mikroskopa koje ne mogu biti prekoračene i uz najbolje leće i kod prvorazrednih modernih mikroskopa. Te granice ne postavlja optički sistem mikroskopa već sam princip na kom se mikroskop osniva. Te nam granice omeđuje valna priroda svjetlosti.

U elementarnoj nastavi fizike pokazuje se pomoću pravila takozvane geometrijske optike kako djeluje mikroskop. U geometrijskoj optici svjetlost se zamjenjuje zrakama — pravcima bez debljine koje od predmeta dolaze u leću, lome se po zakonu loma svjetlosti i daju uvećanu sliku predmeta. Ta leća (ili sistem leća) koja se približi predmetu zove se objektiv. Slika koju daje objektiv povećava se drugom lećom (sistemom leća) ili okularom. I objektiv i okular imaju istu os (optička os). Isto se dalje pokazuje da veličina slike koju gledamo kroz okular ovisi o optičkim konstantama leća, dakle u prvom redu o žarišnim daljinama tih leća. Iz te elementarne geometrijske konstrukcije lako bi mogli zaključiti da podesnim odabiranjem leća, kombinacijom objektiv i okulara, možemo dobiti svako po želji veliko povećanje. To

međutim ne stoji. Tako usmjerena nastojanja za velikim povećanjima ne bi dovela do rezultata. Zašto je tome tako?

Prije svega, do takvog zaključka o postizavanju moći mikroskopa dovela nas je jednostavna predodžba geometrijske optike. Ta je predodžba gruba i zbog toga je dobra samo tako dugo dok se ne upuštamo u detalje. Čim zađemo u područje mikroskopski malog prisiljeni smo napustiti geometrijsku optiku i zamijeniti je fizičkom. To jest, moramo se poslužiti zakonima takve optike koja više ne računa sa svjetlosti kao pramenom geometrijskih pravaca nego sa svjetlosti kao pojavom valne prirode. Od izvora svjetlosti ne rasprostiru se geometrijski pravci, već valovi svjetlosti koji imaju određenu valnu dužinu i brzinu.

Kod dovoljno velikih predmeta možemo upotrebiti geometrijsku optiku, jer je valna dužina svjetlosti tako mala da se može zanemariti. Kad običnom lupom promatramo slova u knjizi onda nam geometrijska optika vrlo dobro objašnjava postanak slike. Međutim, kad pređemo na područje mikroskopski malog, onda valna dužina svjetlosti nije mnogo manja od predmeta odnosno detalja koje želimo promatrati. U tom slučaju ne uzimamo više da od dvije blize točke na objektu odlaze geometrijske zrake i ulaze u objektiv mikroskopa nego da se od te dvije točke rasprostiru valovi svjetlosti. U tome je velika razlika. Te dvije točke na predmetu što ga želimo promatrati, dva njegova detalja, mogu biti vrlo blizu, tako blizu da im je razmak ili nešto veći ili manji od valne dužine svjetlosti. Fizička optika koja, s jedne strane, pokazuje da sliku predmeta koju daje leća, mikroskop ili bilo koji optički sistem, zahvaljujemo upravo valnoj prirodi svjetlosti, pokazuje s druge strane, da upravo valna priroda svjetlosti ograničuje vidljivost vrlo sitnih predmeta i detalja. Na ovom mjestu ne ćemo ulaziti u izvod tih zaključaka, a kasnije, tokom izlaganja, bit će oni jasniji. Uz valnu dužinu treba uzeti u obzir i otvor ili aperturu objektiva. Dobije se kao rezultat, da je moć razlučivanja i najboljeg mikroskopa uz sve povoljne uvjete konstrukcije i osvjetljenja u najpovoljnijem slučaju nešto manja od polovine valne dužine upotrebljene svjetlosti.

Naše je oko osjetljivo samo na onu svjetlost koje se valna dužina kreće u intervalu od 4 do 7 desetstisućinki milimetra. Uzmemo li žutu svjetlost sa valnom dužinom od 6 desetstisućinki milimetra (ili 6000 Å) kao srednju vrijednost onda uz najbolje uvjete mikroskopiranja moći ćemo razaznati detalje na predmetu koji su razmaknuti oko 2,5 desetstisućinka milimetra (2500 Å). Na slici u mikroskopu moraju ti detalji biti razmaknuti toliko da ih okom možemo vidjeti odvojene. Ako i to još uzmemo u obzir, onda povećanja veća od 2000 puta nisu više od naročite koristi. Ona daju doduše veliku ali »praznu« sliku.

Izvjescno područje istraživanja koje se bavi fino raspršenim, takozvanim koloidnim česticama, ne zahtijeva detalje već samo veličinu čestice. Tu se ide za tim da se postigne vidljivost što manjih čestica. Potrebno je samo te čestice zamijetiti i to je već dovoljno. U tu svrhu konstruiran je mikroskop poznat pod imenom ultramikroskopa. U tom mikroskopu objekt koji predstavlja koloidnu otopinu ili plin u kome lebde sitne čestice osvijetli se sa strane jakim snopom svjetlosti. Svjetlost se rasprši na česticama i u tamnom vidnom polju mikroskopa vide se čestice kao svijetle točkice, kao sitne zvjezdice. Na taj način mogu se zamijetiti i čestice kojih je veličina oko 5 milijuntinki milimetra (50 Å). To su na primjer sitni kristalići raspršenih metala i slično. Međutim, oblik tih čestica, a pogotovo njihova struktura, na taj se način ne mogu odrediti.

Usavršavanje mikroskopa u smislu povećanja njegove sposobnosti razlučivanja pošlo je i drugim mogućim putem, to jest upotrebom svjetlosti manjih valnih dužina. Ako se kod istog mikroskopa upotrebi modra ili ljubičasta svjetlost koja ima manju valnu dužinu od žute ili crvene, onda se dobiju i slike sa više detalja. Pogotovo se to postizava upotrebom ultra-ljubičaste svjetlosti koju nam daje na primjer živina lampa. Kod toga međutim iskrsavaju dvije teškoće. U prvom redu mikroskopi koji se žele na tan način upotrebiti ne smiju više imati leće od stakla već od kvarca (kremenja). Kako kvarc za optičke svrhe mora biti potpuno čist i savršeno proziran, ti su mikroskopi vrlo skupi. Povrh toga,

slika predmeta u mikroskopu dobivena ultra-ljubičastom svjetlošću više se ne može vidjeti nego se mora fotografirati. Zbog toga je tehnika mikroskopiranja silno otežana. Ipak, mnogi značajni i važni snimci učinjeni su pomoću kvarcnog mikroskopa. Uzmemo li u obzir da je valna dužina ultraljubičaste svjetlosti koja se tu upotrebljava 2 puta manja od žute, onda je moć razlučivanja kvarcnog mikroskopa u najpovoljnijem slučaju svega dva puta veća od običnog. Ostajemo prema tome uglavnom u području mikroskopski malog istoga reda.

Nova epoha u naporima istraživača na svladavanju mikroskopski malog nastupila je izumom elektronskog mikroskopa. Elektronski mikroskop je čedo savremene fizike, najočitiji praktički dokaz modernog shvaćanja strukture materije — valne mehanike. Po tom shvaćanju elektronima koji se giblju treba pripisati valna svojstva. I elektronske zrake, nekad poznate pod imenom katodnih zraka, imaju dakle valnu dužinu kao i zrake svjetlosti. I te se zrake mogu upotrijebiti u mikroskopiji, ali je za njih potrebno konstruirati specijalne leće. Te leće mogu biti elektrostatske ili magnetske. U prvom slučaju to su električna a u drugom magnetska polja koja savijaju i skupljaju snop elektronskih zraka i tako vrše istu onu ulogu koju vrše optički sistemi kod obične svjetlosti i običnog mikroskopa. Elektronska optika može proračunati i praktički ostvariti takva električna i magnetska polja. Jedno polje djeluje kao objektiv, a drugo kao okular i čitav mikroskop kao cjelina daje sliku predmeta po zakonima obične geometrijske optike bez obzira što se »lom« elektronskih zraka zbiva drugačije.

Kao što je poznato i moć povećavanja i moć razlučivanja elektronskog mikroskopa neusporedivo su veći od onih običnog mikroskopa. Razlog je tome taj što elektronske zrake imaju znatno manju valnu dužinu. Točnije: elektronskim zrakama u elektronskom mikroskopu možemo po volji umanjiti valnu dužinu. Prema zakonima valne mehanike, valna dužina elektronskih zraka izračunava se po formuli  $\lambda = 12,24/\sqrt{V}$ , to jest, treba 12,24 podijeliti sa drugim korijenom iz napetosti pod kojom se elektroni

kreću, izraženoj u voltima, i dobit ćemo valnu dužinu u ångströmima. Lako je izračunati da je kod napetosti od 150 volta valna dužina elektronskih zraka jednaka 1 Å ili, ona je oko 6 hiljada puta manja od valne dužine obične (žute) svjetlosti. Sad nam je jasnije zašto je proračun elektronskog mikroskopa moguć na osnovu zakona geometrijske optike: kraj tako male valne dužine elektronske zrake mogu se smatrati savršenim geometrijskim pravcima. Poveća li se napetost pod kojom se kreću elektroni na 50 hiljada volta, kako se to u praksi i čini, dobijemo elektronske zrake kojih je valna dužina 100 hiljada puta manja od valne dužine obične svjetlosti. Treba međutim odmah istaknuti da moć razlučivanja nije porasla u tom odnosu. To zbog toga što otvor (apertura) elektronskog mikroskopa ne može biti tako velika kao kod običnog. Praktički je ona 50 do 100 puta manja. No, i pored tako male aperture morali bi dobiti moć razlučivanja oko 1 Å.

Što znači moć razlučivanja od 1 Å? To je fantastična moć razlučivanja i u praksi još nije postignuta. Evo ljestvice da nam bude jasnije u kakvom se području nevidljivog nalazi ova dimenzija. Bacil tuberkuloze dug je oko 50 hiljada ångströma, a virus duhanskog mozaika oko 2 hiljade ångströma. Prvi se jasno vidi u običnom mikroskopu, dok je drugi prvi put istom opažen elektronskim mikroskopom. Molekule su još manje. Tako je molekula kisika duga svega 4 Å, a razmak između atoma kisika u njoj iznosi svega 1,2 Å. Slijedi dakle, kad bi elektronski mikroskop imao moć razlučivanja od 1 Å, onda bi njime mogli gledati atome i molekule. Elektronski mikroskop otkrivao bi nam strukture molekula i prištedio mnoge napore kemičara i fizičara. Međutim, to nije postignuto i nije vjerovatno da će se postići. Moć razlučivanja elektronskih mikroskopa što su danas u upotrebi ne prelazi ispod 25 Å, dakle oko 15 do 20 međuatomskih razmaka. Drugim riječima, ni grubi detalji molekula ne mogu se razaznati. Zašto je tome tako?

Zato postoje dva principijelna razloga. Prvi se sastoji u slijedećoj nerazrešivoj suprotnosti. Što više elektronskim zrakama umanjujemo valnu dužinu u nastojanju da dobijemo veću moć

razlučivanja, to više povećavamo njihovu energiju. Takve elektronske zrake velike energije ne mogu više. »poštediti« predmet kojeg želimo promatrati. One djeluju na njega razorno, izbijaju mu atome, kidaju veze među atomima u molekuli, pomiču manje molekule i dijelove velikih molekula, mijenjaju raspored elektrona u molekulama i t. d. Na taj način mjesto stalnog rasporeda sitnih detalja u predmetu imamo neki statistički raspored unutar nekog većeg područja. Predmet je u tom području atomskih razmaka nestalnog »izgleda«, promjenjive strukture, sa promjenama koje izazivaju elektronske zrake koje na nj padaju, koje izaziva sredstvo kojim želimo predmet vidjeti. I što je nama to sredstvo bolje i finije, dakle, što su elektronske zrake manjih valnih dužina, to jače one djeluju na objekt motrenja. Međuatomski razmaci na taj način ostaju nepristupačni elektronskom mikroskopu.

Drugi razlog zbog kojeg međuatomski razmaci ostaju skriveni čak i elektronskom mikroskopu istog je porijekla kao i ograničenost običnog mikroskopa. Dužina vala elektronskih zraka makar siže i do vrijednosti od oko nekoliko stotinki ångströma ipak nije više neznatna u odnosu prema veličini međuatomskih razmaka. Na tom području supermikroskopski malog opet prestaju vrijediti zakoni geometrijske optike i elektronske zrake ne možemo više zamijeniti geometrijskim pravcima. Valna priroda elektronskih zraka koja nam omogućuje konstrukciju elektronskog mikroskopa postaje kod tako sitnih međuatomskih razmaka smetnjom mikroskopiranja. To je »pogreška« mikroskopa koja se ne da izbjeći ni kod najboljih konstrukcija, granica koja suzuje kako običnu tako i elektronsku mikroskopiju.

Iz historije nauke znamo da ta okolnost što ne možemo »gledati« atome nije ni najmanje smetala razvoju atomistike. Uprkos njihovoj nevidljivosti mi o njima mnogo znamo, poznata nam je njihova veličina, struktura i štošta drugo. Antičkom atomisti Demokritu prigovarali su njegovi protivnici da atome nije nitko vidio i da se prema tome ne može znati da li postoje. No i u naše vrijeme, dvije hiljade godina poslije Demokrita, stavljali su isti prigovor neki malobrojni filozofi i prirodoslovci modernim fizi-

čarima i kemičarima dokazujući im da su atome oni sami izmislili. Naučna i tehnička praksa opovrgla je njihovo tvrđenje. Danas više nitko ne može postaviti naučno obrazložen prigovor ili sumnju u objektivnu realnost atoma i drugih elementarnih čestica.

Da se još s par riječi zadržimo na problemu »gledanja« atoma. Što mi zapravo želimo na atomu »vidjeti«? Ako želimo doznati njegovu boju, na primjer, onda nam je trud uzaludan. Atom nema boje, jer ga vidljivom svjetlošću ne možemo promatrati. Mogli bi međutim doznati njegov oblik ili, da se drugačije izrazimo, geometrijski raspored materije od koje je sastavljen u prostoru. No, ta materija u momentu promatranja rasijava one zrake kojima se u tom našem zamišljenom supermikroskopu služimo. Mi bismo prema tome promatrali raspored atomske materije koja rasijava te zrake. Ta materija su kako znamo elektroni i vrlo sitna jezgra. U takvom mikroskopu promatrali bi prema tome raspored elektrona u atomu. Čitatelji već znaju da ne bismo vidjeli elektrone kako kruže oko jezgre poput planeta oko sunca. Raspored elektrona u atomu opet je diktiran njihovom valnom prirodom. Elektroni čine oko jezgre »elektronski oblak« koji na različitim udaljenostima od jezgre ima različitu gustoću. Tamo gdje ima taj oblak veću gustoću tamo bi i rasijavanje zraka koje smo upotrebili bilo jače. Slika atoma u tom zamišljenom mikroskopu koja bi na taj način nastala, recimo na fluorescentnom zastoru, pokazivala bi svjetlija i tamnija mjesta. Tamo gdje je u atomu elektronski oblak gušći tamo bi na slici na zastoru odgovarajuća mjesta bila svjetlija, a gdje je rjeđi, tamo ne bi bila tako svijetla. Eto to bi bila slika atoma koju bismo dobili takvim mikroskopom, to bismo doznali na taj način o atomu.

I eto, u ovom članku želimo ukratko i po mogućnosti jednostavno pokazati da taj supermikroskop postoji. Postoji specijalna tehnika i metodika kojom se može snimiti i »naslikati« taj elektronski raspored u atomu i u molekuli. Ta posebna metoda mikroskopiranja atomskih i međuatomskih veličina osniva se na primjeni rentgenskih zraka. Ona se zove u nauci rentgenska strukturalna analiza.



Mi smo u dosadašnjem izlaganju rentgenske zrake namjerno ispustili. Mnogi čitatelji znaju zašto smo to učinili. Rentgenske zrake naime, premda imaju malu valnu dužinu i premda ne postoji nikakva poteškoća da ih dobijemo s valnom dužinom manjom i od  $1 \text{ \AA}$ , ne mogu poslužiti kao sredstvo u mikroskopu, jer ne postoje leće koje bi nam ih sabirale. Staklo poslužiti ne može, lom rentgenskih zraka toliko je neznatan da je zbog toga razmjerno kasno otkriveno da on uopće i postoji. Električka i magnetka polja ne otklanjaju ih kao elektronske zrake. Prema tome, zbog toga što nemamo leća za rentgenske zrake, moramo napustiti misao o konstrukciji rentgenskog mikroskopa sličnog optičkom ili elektronskom iako bi nam valna dužina rentgenskih zraka sjajno odgovarala. Ipak postoji, kako smo netom ustvrdili, rentgenski »mikroskop«. Evo objašnjenja!

Fizika dobro poznaje djelovanje običnih staklenih leća u običnom mikroskopu. To djelovanje daje se pratiti i opisati određenim matematičkim operacijama. Svjetlost od predmeta prolazi kroz leću, pri tom se zbiva određeno uzajamno djelovanje svih zraka (valova!) svjetlosti i konačni rezultat je slika predmeta. U fizici dakle, može se izračunati slika predmeta ako znamo kako je jako i kakvih je valnih dužina svjetlo što je ušlo i prošlo kroz leću. Mjesto leće treba izvršiti određene matematičke operacije. Za obično svjetlo nam, jasno, to nije potrebno činiti, jer za nj imamo leće. Ali za rentgenske zrake to bi se isplatilo, jer kao nagradu za račun što ga »umjesto leće« izvršimo primimo sliku atoma. Eto, tako je nauka egzaktnom matematskom analizom doskočila nestašici leća za rentgenske zrake i ostvarila promatranje atoma pomoću rentgenskih zraka. Da vidimo sa koliko uspjeha rentgenska strukturna analiza nadomješta rentgenski mikroskop!

#### *Nešto o optičkoj mrežici*

Prije nego pređemo na taj naš glavni zadatak, to jest prije nego opišemo i objasnimo principe i metodu rentgenske strukturne analize, moramo se zadržati na nekim osnovnim pojavama koje su zajedničke svim valovima pa prema tome i svjetlosti.

Uzeli smo u tu svrhu pojave koje se zbivaju na tako zvanoj »optičkoj mrežici«, jer je teorija optičke mrežice osnov za razumijevanje djelovanja mikroskopa, a, vidjet ćemo, također i rentgenske strukturne analize.

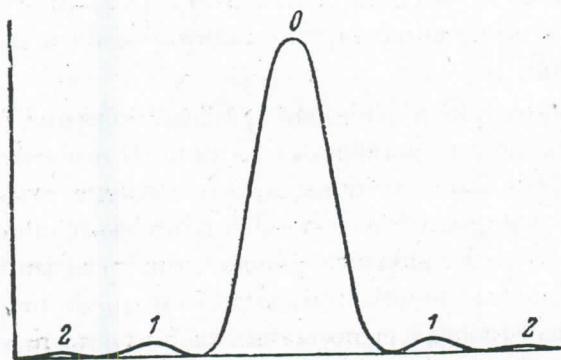
Razumije se, da bi nas predaleko odvela rasprava o tome kakvo valno gibanje je u stvari svjetlost. Kod ovakvih elementarnih pojava kao što je pojava u optičkoj rešetki dovoljno je da se poslužimo elementarnim predodžbama. Budući da ćemo sve tvrdnje i pokuse objašnjavati na crtežima i slikama, dakle u dvije dimenzije, zadovoljit će nas i tako gruba predodžba, kao što je ona koju dobijemo isporođivanjem svjetlosnih valova sa valovima na površini vode.

Neka »ravni« valovi svjetlosti padaju na zastor. Te »ravne« valove imamo u snopu paralelnih zraka monohromatske svjetlosti. Takva je približno žuta svjetlost natrijeva lampe i svjetlost koju dobijemo propuštanjem bijele svjetlosti kroz specijalne filtre. Na zastoru se nalazi uska pukotina. Njena širina neka iznosi nekoliko desetinki milimetra. Svjetlost će proći kroz pukotinu na drugu stranu. Na zastoru koga ćemo staviti na bilo kom mjestu iza pukotine ostavit će svjetlost, koja je prošla kroz pukotinu, svijetli trag. Po geometrijskoj optici zrake koje su bile paralelne prije nego što su prošle kroz pukotinu morale bi biti paralelne i poslije prolaza kroz pukotinu. Na zastoru bi, po geometrijskoj optici, morali dakle imati osvijetljeni dio identičan po obliku i dimenziji pukotini kroz koju je paralelni snop svjetlosnih zraka prošao. To se međutim ne događa. Na zastoru je osvijetljena veća površina. Zrake nisu ostale paralelne. Međutim, još osim tog centralnog svijetlog mjesta u smjeru prvotne svjetlosti, nalazimo na zastoru sa svake strane još svijetlih pruga koje se izmjenjuju tamnim prugama. Ovo skretanje svjetlosti od puta što joj ga propisuje geometrijska optika zove se ogib ili difrakcija. Model difrakcije na jednoj pukotini kako smo je opisali dat je na slici 1. a.

Umjesto zastora možemo iza pukotine staviti fotografsku ploču. Tamo gdje na ploču pada svjetlost ostat će poslije razvijanja i fiksiranja ploča tamna, a tamo gdje nije padala svjetlost

bit će ploča svijetla (prozirna). Uz model prikazana je na slici (b) takva fotografija (negativ) difrakcije na uskoj pukotini. Ploča je bila stavljena oko 4 metra iza pukotine, a upotrebljena je crvena svjetlost.

Sliku na ploči možemo prikazati vrlo jasno grafičkim putem. Ako na ordinatu nanesimo jakost osvijetljenja zastora a na apscisu udaljenosti od sredine slike, dobit ćemo krivulju prikazanu na slici 2. Uz centralni veliki maksimum imamo sa svake strane



Sl. 2. Raspored jakosti osvijetljenja poprijeko na ogibnoj slici prikazanoj na sl. 1.b.

dva maksimuma, jedan jači jedan slabiji, no oba znatno slabija od glavnog. Ostali maksimumi suviše su slabi, pa se ne vide. Tako na primjer ako uzmemo da glavni maksimum (koji se još zove »multi«) ima vrijednost 100, onda drugi sporedni iznosi samo 1,6.

Ogib (difrakcija) svjetlosti nastaje zbog interferencije valova. Interferencija valova sastoji se u jačanju ili slabljenju valova. I u ovom slučaju svjetlosnih valova dobro nam dolazi poredba sa gibanjima u mehanici. Tamo vrijedi princip superpozicije ili sastavljanja gibanja, pa i periodičnih, kakva su valovi. Općenito uzevši, sastavljanje valova može dati različit rezultat, već prema tome s kakvom se »fazom« valovi sastavljaju, kakve su im amplitude i kakve valne dužine. Mi razmatramo najjednostavniji slučaj kad su valovi monohromatski. U tom slučaju valove koji izlaze iz bilo koje točke izvora možemo prikazati neprekinutim sinusom

idama jednake valne dužine (periode). Faza svakog takvog vala ostaje za čitavo vrijeme stalna, to jest na datom mjestu će se nakon jednakih vremenskih razmaka ponavljati »brijeg« vala ili, drugim riječima, vrijednosti amplituda ponavljat će se na datom mjestu u jednakim razmacima. To vrijedi za sve valove koji se iz toga izvora rasprostiru. Zbog toga je i među njima svima uvijek jedna te ista razlika u fazi (takozvana »koherencija«). Ako je kod neka dva vala razlika u fazi jednaka nuli, onda se sastaje »brijeg« s »brijegom« i »dol« sa »dolom« i zbog toga rezultujuća amplituda ima maksimalnu vrijednost. U svakom drugom slučaju bit će rezultujuća amplituda manja od sume prvotnih, a u slučaju kad su valovi u protivnim fazama, to jest kad se sastaje »brijeg« sa »dolom« onda je rezultujuća amplituda jednaka nuli. U tom slučaju još se kaže da se valovi koji zaostaju za polovicu dužine jednog vala (ili neparni broj polovica) poništavaju. U svakom drugom slučaju se slabe ili jačaju, a budući da su monohromatski i jednake valne dužine, rezultujući val također je iste valne dužine i monohromatski.

Kad takav monohromatski val svjetlosti dopre do pukotine na zastoru, sve će točke u presjeku koji se na našoj slici podudara s ravninom papira, imati istu fazu titranja. U istoj će fazi titranja biti i točka na mjestu glavnog maksimuma na zastoru (ili foto-grafskoj ploči), jer su svi valovi koji su stigli do te centralne točke prešli jednaki put.

Da se objasni postojanje sporednih maksimuma potrebna nam je opet mehanička analogija. Ona je izražena u poznatom principu Huygensa i Fresnela. Treba naime pretpostaviti da je svaka točka u pukotini postala izvorom novog kuglastog (u našem presjeku kružnog) vala kako je to slučaj kod valova na vodi ili zvučnih valova. Od svake točke u pukotini šire se na sve strane i prema zastoru takvi valovi. Kako su svi ti novi izvori pobuđeni jednim te istim monohromatskim valom, to i oni odašilju monohromatske valove između kojih je u svakoj točki iza zastora neprestano stalna fazna razlika (postoji koherencija), te ti valovi mogu interferirati, oni se jačaju, slabe ili poništavaju.

Ispitat ćemo redom mjesta na stranu od mjesta gdje je glavni maksimum, da bi ustanovili, na kom mjestu treba da se pojave sporedni maksimumi, a gdje minimumi.

Dok se na mjestu glavnog maksimuma sastavljaju valovi koji su prešli jednake putove, to se, na mjestima koja su malo na stranu, sastavljaju valovi koji prolaze putove različite duljine. U blizini maksimuma te su razlike u putu neznatne, ali su ipak amplitude sastavljenih valova manje od onih na mjestu maksimuma. Uzmimo smjer u kom se rasprostiru valovi što se sastavljanjem poništavaju. Evo, koji će to biti smjer!

Neka val što se rasprostire od točke tik uz rub pukotine pretiče val koji se rasprostire iz točke na sredini pukotine upravo za jednu polovicu valne dužine. Oni se dakle sastaju tako da se brijeg jednog podudara s dolom drugog, to jest poništavaju se. No i val koji se rasprostire od točke koja je za neki mali razmak dalje od ruba pukotine pretiče val koji se širi iz točke koja je za jednaki mali razmak udaljena od sredine pukotine također za jednu polovicu valne dužine. I oni se isto poništavaju. Uopće, u onom smjeru u kom se od svakog para točaka u pukotini, koje su udaljene za polovicu pukotine, rasprostiru valovi koji se put razlikuje za polovicu valne dužine, u tom će se smjeru valovi poništiti, dobit ćemo tamno mjesto (tamu). Drugim riječima: jednostavnije, može se taj isti zaključak reći ovako: u onom smjeru u kojem val koji se širi iz točke tik uz jedan rub pukotine zaostaje za valom koji se širi iz točke tik uz drugi rub pukotine za jednu cijelu valnu dužinu poništiti će se valovi i dobit ćemo tamu (na zastoru tamnu prugu ili na fotografskoj ploči prozirnu prugu). Na sličan ćemo način doći do toga, da razlika putova od jednog i drugog ruba pukotine mora biti jedna i po valna dužina da dobijemo prvi sporedni maksimum, dakle, na zastoru prvu svijetlu sporednu prugu.

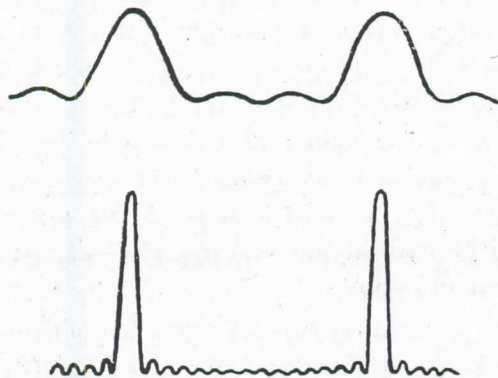
Što će se dogoditi ako monohromatski ravni val propustimo kroz dvije bliske pukotine? Raspored svijetlih i tamnih mjesta, koja ćemo dobiti na zastoru svakako ovisi o razmaku tih dviju pukotina. No uzimamo maleni razmak koji nije mnogo veći od

širine pukotine, a pukotina je, kako smo rekli, uska. Prije svega, od jedne kao i od druge pukotine, širit će se svjetlost onako kako smo to opisali malo prije za slučaj kad je bila samo jedna pukotina. No osim toga, sastavljat će se (interferirat će) valovi koji se prostiru iz jedne pukotine sa valovima, koji se prostiru iz druge pukotine. Dobiveni raspored svijetlih i tamnih mjesta na zastoru ne će biti onaj koji bi dobili kad bi valovi jedne pukotine padali na zastor neovisno od valova druge pukotine. Zbog toga što će se sastavljati ne samo valovi iz jedne pukotine nego svi valovi izašli iz obiju pukotina dobit ćemo i više maksimuma i više minimuma svjetloće nego u slučaju samo jedne pukotine. Vrlo značajno je to da će maksimumi biti uži. Od važnosti je daljnje povećavanje broja pukotina.

Na slici 3. je prikazan model ogiba monohromatskog ravnog vala na tri pukotine (lijevo) i četiri pukotine (desno). Jasno se vidi da osim centralnog ili glavnog maksimuma svjetlosti postoji još niz »glavnih« maksimuma, među kojima je opet niz novih sporednih »dopunskih« maksimuma. Vidimo da je u slučaju tri pukotine uvijek jedan sporedni maksimum između dva glavna, a u slučaju četiri pukotine, dva sporedna maksimuma između dva glavna. Broj sporednih maksimuma raste s brojem pukotina, ali, što je osobito važno, oni su sve slabiji i slabiji što je broj pukotina veći. U razmjeru s brojem pukotina raste i jačina glavnih maksimuma, ali, što je također vrlo značajno, oni postaju sve uži. Kad govorimo o jačini glavnih maksimuma, onda treba još i to reći da su oni sve slabiji kako se udaljuju od centralnog, ali da je razlika mnogo manja nego u slučaju malog broja pukotina. Na slici 4. dat je grafički prikaz osvjetljenja zastora u slučaju 4 i 16 pukotina.

Čitatelj već pogađa što će se desiti kad bude vrlo mnogo pukotina jedna do druge (paralelno i na jednakim razmacima). Tada će, istina, biti i mnogo sporednih maksimuma, no oni će biti tako slabi da ih više ne ćemo ni primijetiti. Oni će gotovo potpuno jednoliko osvjetliti područje između jakih glavnih maksimuma. Glavni će pak maksimumi biti vrlo uski. Kad, dakle,

monohromatska svjetlost prođe kroz niz od mnogo uskih i bliskih pukotina, ona se rastavi na mnogo ograničenih snopova svjetlosti. Takav niz od blizih uskih pukotina, u jednakim razmacima, daje optičku mrežicu.



Sl. 4. Krivulja jakosti osvijetljenja na ogibnoj slici u slučaju četiri pukotine (gore) i u slučaju šesnaest pukotina (dolje).

Optička mrežica ima vrlo veliku ulogu u optici. U optičke svrhe prave se specijalne mrežice koje se ugrađuju u spektrografe. Te mrežice nisu niz pukotina već niz prozirnih i neprozirnih linija na staklenoj pločici. Prozirne linije igraju ulogu pukotina u pokusu koji smo opisali. Priređivanje tih mrežica sastoji se u urezivanju linija u staklo oštrim dijamantnim nožem. Na liniji je površini stakla zaparano i zbog toga mutna i neprozirna, između linija je staklo prozirno i djeluje kao pukotina. Tehnika priređivanja optičkih mrežica vrlo je usavršena. Pošlo je za rukom povući na staklenoj pločici čak preko hiljadu (do 1200) linija na razmaku od jednog milimetra.\*

\* Jednostavne optičke mrežice načinio je Fraunhofer od usporednih tankih žica. Ako je mrežica načinjena urezivanjem linija dijamantom pomoću mašine za dijeljenje dužina na staklenoj pločici onda je to transmisijska ili propusna mrežica. Mrežice urezane na kovnom zraoalu su refleksne mrežice. Krajem prošlog stoljeća dotjerao je H. A. Rowland u Americi tehniku izrađivanja ovakvih mrežica do velikog savršenstva. On je načinio mrežicu sa 110.000 crta na razmaku od 14,5 centimetara. Najveću optičku mrežicu, dugu 20 cm, visoku 10 cm, sa 500 crta na jedan milimetar, načinio je američki fizičar A. A. Michelson. Broj crta

Nas na ovom mjestu ne zanimaju takve savršene optičke mrežice i njihova primjena. Za naše daljnje razmatranje dovoljne su obične mrežice koje se priređuju na vrlo jednostavan način. Na bijelom papiru nacrtaju se tušem paralelni pravci jednakog razmaka i debljine. Takva se mreža pravaca snimi i načini njena fotografija ali znatno umanjena. Negativ na fotografskoj ploči predstavlja nam optičku mrežicu. Razmaci između linija iznose svega dvije do tri desetinke milimetra. Takav fotografski negativ neka bude naša optička mrežica. Tu imamo na staklu niz prozirnih i neprozirnih linija koje djeluju potpuno jednako kao niz pukotina. Prema tome i takva mrežica razdijelit će monohromatsko svjetlo na niz maksimuma, a budući da je broj linija dovoljno velik, sporedni maksimumi bit će neznatni i u račun možemo uzeti samo glavne.

Već smo ranije istakli, da je od važnosti razmak između pukotina ili, što je isto, razmak između linija na mrežici. To je konstanta mrežice o kojoj ovisi moć razlučivanja maksimuma. Što je taj razmak manji to će maksimumi biti oštriji i slijedit će u većem razmaku jedan od drugog. Mi ćemo ovdje tu konstantu mrežice zvati njenom periodom.\* Lako je razabrati da će glavni maksimumi slijediti jedan za drugim u onom smjeru pod kojim se valovi, izašli iz raznih točaka mrežice, no udaljenih za jednu njenu periodu, razlikuju u putu za jednu cijelu valnu dužinu. Na sporedne se maksimume ne ćemo ni obzirati. Što je perioda rešetke manja to se snopovi svjetlosti koji daju maksimume više

na toj mrežici iznosi 100.000, tako da bi sve crte, nanizane u jedan niz, dale dužinu od 10 km.

Izrađivanje optičkih mrežica je težak posao. I kraj automatskog rada na najtočnijem stroju i opreznog postupka lako nastaju pogreške. Dobre mrežice kakve trebaju za spektralne aparate vrlo su skupe i ima ih malo. Kopiju metalne mrežice prave tako da je preliju rastopljenim kolodijem. Kad otapalo ispari skine se oprezno kožica kolodija i učvrsti na staklenoj pločici.

\* Razmak između pukotina obično se zove samo konstanta mrežice. Mi ćemo je ovdje zvati »periodom« mrežice radi kasnijeg prelaza na periodu kristalne rešetke.

Nadalje ćemo za periodički raspored atoma u prostoru ostaviti naziv »rešetka«, a za jednodimenzionalni periodički raspored pukotina uzet ćemo naziv »mrežica«, na primjer optička mrežica. Prema tome se i kristalna rešetka sastoji od »mrežnih ravnina«.

otklanjaju na jednu i na drugu stranu (simetrično!) od prvotnog smjera paralelnih zraka koje su pale na mrežicu, dakle i od smjera u kom nastaje centralni, »nulti« maksimum. Mrežice sa manjom periodom imaju prema tome veću moć razlučivanja.

Potrebno je također reći nešto i o utjecaju valne dužine na položaj maksimuma. Lako je dokučiti kako će ovisiti položaj maksimuma o valnoj dužini. Što je, naime, valna dužina monohromatske svjetlosti manja, to će već pod manjim priklonom ka prvotnom smjeru doći do razlike u putu za jednu polovicu valne dužine. Drugim riječima, maksimumi će biti bliže jedan drugome, oni su stisnuti.

Zahvaljujući toj činjenici ogib svjetlosti na optičkoj mrežici našao je primjenu u spektroskopiji. Mi smo opisivali pokus samo sa monohromatskim svjetlom, ali pojava će biti ista i sa svjetlosnim valom koji je sastavljen od više osnovnih sinusoidalnih valova, ili, kako se kaže, koji sadrži svjetlost od više valnih dužina. U tom slučaju rastavit će mrežica svjetlost u maksimume kojima će svakom posebice pripadati jedna od valnih dužina koja je sadržana u prvotnoj svjetlosti. Ako se nalazimo u području vidljive svjetlosti, onda će nam mrežica rastaviti svjetlost na boje ili, kako se to kaže, dat će nam spektar upotrebjene svjetlosti. Maksimumi koji pripadaju manjim valnim dužinama bit će bliže centru, a oni većih valnih dužina dalje od centra. Općenito uzevši ti će se maksimumi različitih valnih dužina prekrivati.

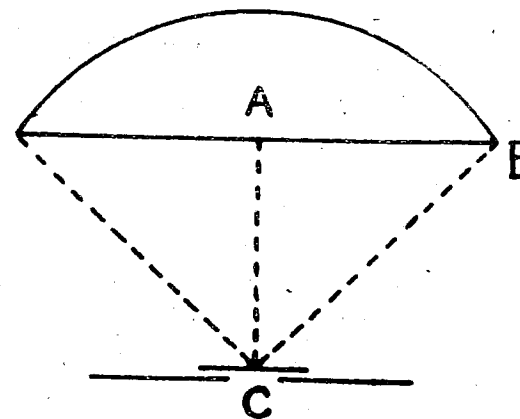
U daljnjem razmatranju zadržat ćemo se kod pojava s monohromatskom svjetlošću. To ne samo zbog toga što je to jednostavnije, već i zbog toga što se rentgenska strukturalna analiza danas služi pretežno metodama koje se osnivaju na primjeni monohromatskih rentgenskih zraka.

Ogib ili difrakcija rentgenskih zraka što se zbiva na kristalima u principu je ista pojava kao i ogib obične svjetlosti na optičkoj mrežici o kom smo upravo govorili. Zato nam je i bilo potrebno da pojavi ogiba u toj elementarnoj formi posvetimo više mjesta. No osim što će nam teorija ogiba na mrežici biti od koristi za razumijevanje ogiba rentgenskih zraka na kristalima,

ona nam služi kao temelj u teoriji djelovanja mikroskopa. I kod mikroskopa kao i kod svih optičkih sistema djeluje svjetlost svojom valnom prirodom. Zato prije nego pređemo na rentgensku strukturalnu analizu treba da upoznamo difrakcionu teoriju djelovanja mikroskopa. Poslije toga prijeći ćemo na objašnjenje onih »matematičkih« leća kojima se mogu »promatrati« atomi i molekule.

### Abbe-ova teorija mikroskopa

Već od početka prošlog stoljeća datira opažanje, da se sitni detalji na predmetu koji se promatra mikroskopom uz veliko povećanje mogu vidjeti samo onda ako je velik otvor objektiv. Pod otvorom objektiv mislimo ovdje na onu konstantu mikroskopa koja se stručno zove »numerička apertura«. Što je numerička apertura razabiremo na slici 5. Tu je shematski prikazan



Sl. 5. Crtež za razjašnjenje pojma aperture objektiv (vidi u tekstu).

objektiv jednom plankonveksnom lećom. Pod lećom nalazi se predmet koji promatramo. Od točke na predmetu koja leži na optičkoj osi izlaze na sve strane svjetlosne zrake. No, u objektiv ući će samo one koje ne zatvaraju suviše veliki kut s optičkom osi. Ili, kako se jasno vidi iz slike, u objektiv će ući one zrake kojima je priklon manji od priklona zrake CB. Zrake s većim

priklonom proći će mimo objektiva i ne će imati za sliku koja nastaje u mikroskopu nikakvu važnost. Omjer  $AB:BC$  zove se numeričkom aperturom. To je kako vidimo sinus maksimalnog »vidnog kuta« objektiva. Nije naš zadatak da ulazimo u opis metoda pomoću kojih mikroskopska tehnika povećava aperturu, no korisno je usput spomenuti da je na tom području postignuto ono što se najviše moglo postići. »Vidni kut« objektiva dostignut je u iznosu od  $70^\circ$ . To je mnogo, no vidimo da ni u tom slučaju sve zrake od predmeta ne mogu ući u mikroskop.

Kako smo već istaknuli, korisna velika povećanja, takva povećanja kod kojih će i sitni detalji biti vidljivi, mogu se postići samo kod mikroskopa s velikom aperturom. Naprotiv, mikroskopi koji imaju mali otvor objektiva, pa makar bili građeni od optički savršenih leća, daju sliku bez detalja i mogu se primjenjivati samo kad se radi o malim povećanjima. Zašto je tome tako?

E. A b b e (1840.—1905.), jedan od osnivača Zeiss-ove tvornice optičkih instrumenata i profesor u Jeni, prvi je razvio teoriju postanka slike predmeta u mikroskopu. Bilo je to sedamdesetih godina prošlog stoljeća. Do toga vremena pravili su mikroskope samo na osnovu iskustava. Ta su iskustva sticali majstori-optičari dugogodišnjim radom. Egzaktna baza njihova rada bila su samo pravila geometrijske optike. Abbe je upozorio kako geometrijska optika nije u stanju da nešto kaže o ulozi otvora objektiva. Na osnovu jedine geometrijske optike ne može se doznati zašto je potreban veliki otvor objektiva kod velikih povećanja. Zato Abbe ističe da se i kod mikroskopa mora također uzeti u obzir valna priroda svjetlosti i na taj način kvalitetu slike u mikroskopu dovesti u vezu sa valnim pojavama, kao što su interferencija i difrakcija. Tako je Abbe fizičku optiku sjedinjenu s geometrijskom optikom postavio kao temelj moderne nauke o djelovanju optičkih sistema. Od kolikog je to bilo značenja najbolje svjedoči kolosalan napredak u kakvoći optičkih instrumenata novijeg vremena.

Treba razlikovati predmete što ih promatramo na one koji sami svijetle i one koje u tu svrhu osvjetlimo. Nas zanima ovaj drugi slučaj. Predmet što ga mikroskopom promatramo priređen

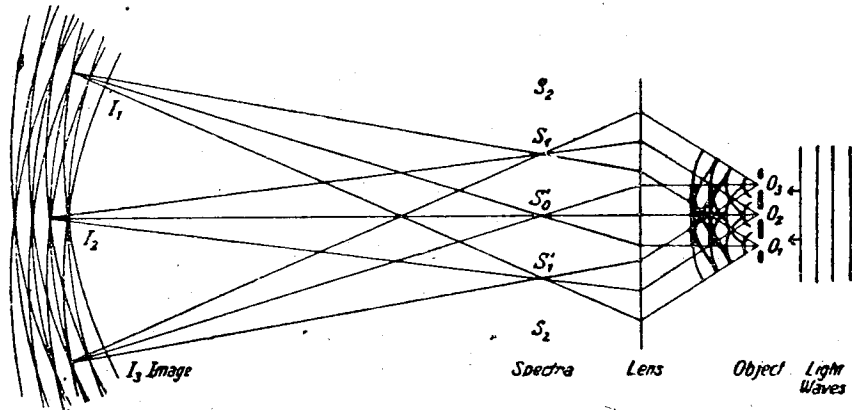
je kao mikroskopski preparat u tankom sloju, to jest dovoljno je tanak i zbog toga prozračan. To je potrebno zbog toga, jer ga osvjetljujemo odozdo. Taj predmet nije optički jedinstven, nego se sastoji od različitih detalja koji nisu svi jednako prozirni, nemaju jednaki indeks loma i ne apsorbiraju svjetlost jednako. Na tim detaljima predmeta dolazi do ogiba svjetlosti kao što smo to imali slučaj na pukotini ili optičkoj mrežici. Na nekom mikroskopskom preparatu, na primjer životinjskom ili biljnom tkivu, bakteriji ili prašini, pojava ogiba svjetlosti mnogo je složenija nego na pravilnoj optičkoj mrežici. No, i u preparatu možemo u mislima odvojiti sitne »pukotine« koje su na poseban način razmještene, na način koji taj predmet čini takvim kakav jest. Od tih pukotina šire se »maksimumi« svjetlosti prvog, drugog, trećeg i t. d. reda, interferiraju međusobno i daju konačnu pojavu ogiba. Ta je pojava ogiba vrlo osjetljiva na poredak detalja u predmetu. Drugim riječima, svaki preparat ima »svoj« ogib svjetlosti, jačina i raspored maksimuma karakteristični su za svaki preparat. Kraj svega toga, kod svih preparata zbiva se taj ogib po istom principu. On se zbiva po onom istom principu po kom se zbiva ogib na optičkoj mrežici. I optička mrežica je u stvari sastavljena od niza detalja. To su crte povučene oštrim dijamantnim nožem na staklenoj pločici. No, ti detalji poredani su vrlo pravilno, s jednakim razmakom i svi su jednaki.\* Zato je pojava ogiba na mrežici mnogo jednostavnija od one na preparatima iz mikroskopske prakse. Zato ćemo i Abbe-ovu teoriju izložiti, kako se to i čini, na slučaju obične optičke mrežice uz primjenu monohromatskog svijetla. Uzet ćemo optičku mrežicu kao mikroskopski preparat.

Prostim okom ne vidimo strukturu optičke mrežice. Stavimo li ju pod mikroskop vidimo crte u staklu od kojih se ona sastoji. U prvi mah to nas zbunjuje. Ta u predašnjem smo poglavlju opisali kako se svjetlost na optičkoj mrežici razbije na spektre,

\* Razumije se samo po sebi da nisu crte na optičkoj mrežici potpuno jednake. No, za naša razmatranja možemo ih smatrati takvima, jer se razlike među njima kreću u redu veličina jedne polovice valne dužine, dakle ispod moći razlučivanja optičkim mikroskopom.

to jest razdijeli na valne dužine u čitav niz »maksimuma« svjetlosti s jedne i druge strane od centralnog maksimuma. Kako su u mikroskopu nestali ti spektri i kako je nastala slika mrežice?

Kao odgovor neka nam posluži crtež na slici 6. S desne strane pada na optičku mrežicu s pukotinama  $O_1, O_2, O_3$  val monohromatske svjetlosti. Na mrežici se zbiva ogib. U nekim (mi već znamo kojim) smjerovima interferencijom su se valovi rasijane svjetlosti pojačali a u nekim oslabili i poništili. Malu razliku

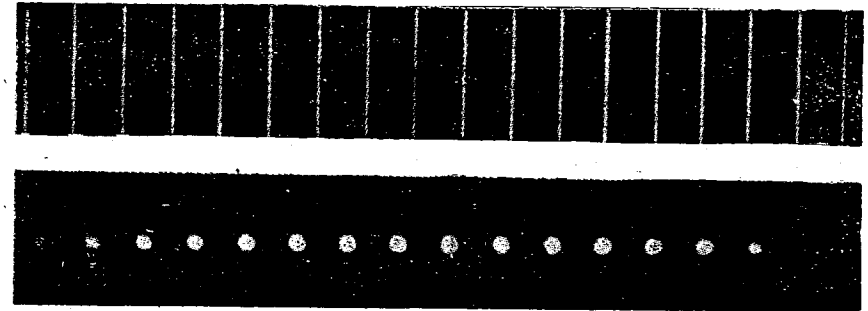


Sl. 6. Postanak slike mrežice u mikroskopu prema Abbe-ovoj teoriji (prema W. L. Bragg-u).

prema pokusu što smo ga prikazali na modelu na slici 3. čini ovdje leća objektiva. Međutim, ta leća ne unosi nikakve nove razlike u fazi. S onom razlikom u fazi, u kojoj se nalaze valovi prije ulaska u leću, s tom razlikom interferiraju i iza leće. Leća samo skuplja svjetlost i lokalizira spektre u stražnjoj žarišnoj daljini objektiva. I zaista, sve zrake koje čine jednaki kut s optičkom osi (u našem slučaju sa smjerom prvotnih zraka) sastaju se iza leće u jednoj točki (na primjer  $S_1$ ). Zbog toga svakoj točki na žarišnoj plohi leće pripada određena razlika puta. Sve zrake iste razlike puta sastaju se u jednoj točki u žarišnoj plohi. Dakle sve zrake među kojima nema razlike u fazi sastaju se baš u žarištu leće. No, to su zrake koje daju »nulti« ili centralni maksimum  $S_0$ . Na stranu od centralnog maksimuma nastaju maksimumi prvog, drugog, trećeg i daljnjih redova. Oni nastaju na mjestima u kojima je

razlika puta jedna cijela valna dužina, dvije, tri i t. d. valne dužine. U žarišnoj plohi objektiva imamo prema tome niz spektara naše mrežice. Ti se spektri mogu i vidjeti. Treba samo izvaditi okular i pogledati u tubus mikroskopa.

Na slici 7. dolje prikazani su maksimumi koji se na taj način vide u mikroskopu. Gore je fotografija (povećana) mrežice koja je u tom pokusu upotrebljena. To je u stvari mrežica dobivena na fotografskoj ploči na način kako smo to opisali u prethodnom poglavlju. Maksimumi su svijetli krugovi kojih intenzitet opada srazmjerno rednom broju počevši od centralnog maksimuma.



Sl. 7. Spektri mrežice koji nastaju u stražnjoj žarišnoj ravni objektiva. Gore je slika mrežice (u stvari fotografski negativ koji služi kao mrežica) znatno povećana. Dolje je fotografija spektara te mrežice uz monohromatsko svjetlo snimljena u mikroskopu bez okulara (prema C. W. Bunn-u).

Maksimumi su zato takvi jer je izvor svjetlosti bio »točkasti« izvor, mrežica je bila osvijetljena ne paralelnim, već divergentnim snopom svjetlosti.

Postavlja se pitanje o broju maksimuma koji će nastati u stražnjoj žarišnoj daljini objektiva. To je naime glavno pitanje Abbe-ove teorije. Na to pitanje nije teško odgovoriti. Svakom maksimumu odgovara neki kut priklona s optičkom osi to jest sa smjerom na kom leži centralni maksimum. Što je redni broj maksimuma veći to je i taj kut veći. Nadalje, maksimumi nastaju od svjetlosti koja je ušla u objektiv. Međutim u objektiv mogu ući samo one zrake kojih kut priklona nije veći od »vidnog« kuta objektiva. Što je veća apertura objektiva to će više maksimuma biti u stražnjoj žarišnoj daljini objektiva. Ako je na primjer kut

koji pripada maksimumu trećega reda jednak  $50^\circ$ , a vidni kut objektiva je  $45^\circ$ , to u tom slučaju ne ćemo u mikroskopu vidjeti niti maksimum trećeg, kao ni maksimum reda daljeg od trećeg. Ako je pak vidni kut objektiva velik, dakle velika njegova numerička apertura, biti će u mikroskopu, na stražnjoj žarišnoj daljini objektiva, velik broj maksimuma, biti će i maksimumi višega reda. Budući da kakvoća slike (moć razlučivanja mikroskopa), kako je to iskustvo pokazalo, ovisi o aperturi, to sada, na osnovu opisanog pokusa, možemo reći da kakvoća slike ovisi o broju maksimuma koji nastaju u stražnjoj žarišnoj plohi objektiva.

No, ti maksimumi još uvijek nisu slika mrežice. To su tek njeni spektri ili, kako to zove Abbe, to je primarna slika mrežice. Međutim, zrake koje su se sastale u žarišnoj plohi dajući maksimume, interferirat će iza te plohe u točkama plohe  $I_1, I_2, I_3$  i dati sliku predmeta, to jest, mrežice u našem slučaju. To će biti prava slika mrežice koju promatramo okularom u mikroskopu. Lako je razabrati da će tu sliku dati zajedno sve zrake svih maksimuma. No, dok su maksimumi u žarišnoj plohi nastali sastavljanjem zraka jednakog kuta s optičkom osi, to slika iza žarišne plohe objektiva nastaje sastavljanjem svih zraka koje izlaze iz jedne točke predmeta (mrežice) bez obzira pod kakvim kutem. Drugim riječima, u toj ćemo plohi dobiti takav raspored tamnog i svijetlog kakav je na originalu, to jest, kakav je na samom predmetu. Ta će slika biti prava slika predmeta. O čemu će ovisiti kakvoća te slike? Kad će ta slika sadržavati više detalja ili, što je isto, kad će ona biti vjernija originalu?

Mi već znamo da će kakvoća slike ovisiti o otvoru objektiva. Ali, rekli smo, da o otvoru objektiva ovisi broj maksimuma u primarnoj slici. To znači dakle da će kakvoća slike ovisiti o broju maksimuma, ili, što je veći broj spektara višega reda ušao u mikroskop to će slika biti bolja i vjernija. Kad bi mogli u objektiv uhvatiti sve maksimume onda bi slika bila najbolja. Eto, to bi ukratko bila sadržina Abbeove teorije.

Već smo istaknuli, da su maksimumi nastali ogibom na mrežici to više razmaknuti od centralnog maksimuma što je perioda

mrežice manja, što su joj linije bliže jedna drugoj. Slijedi prema tome, da ćemo kod mrežica sa velikom periodom, to jest kod onih kod kojih linije nisu naročito blizu, dobiti dovoljan broj maksimuma u mikroskop. Zbog toga će i slika takvih mrežica u mikroskopu biti dobra. Naprotiv, kad mrežica sa malom periodom, to jest kod takvih kod kojih su linije vrlo blizu, morat ćemo upotrebiti mikroskop sa objektivom velikog otvora, da bi u mikroskop »ušlo« što više maksimuma. U protivnom slučaju, kad u mikroskop nije ušao dovoljan broj maksimuma, ne ćemo dobiti dobru sliku mrežice, linije se jedna od druge ne će odvojiti. Eto, zbog toga ovisi kvaliteta slike o aperturi objektiva.

Isti ovi zaključci odnose se, jasno, i na sve druge predmete što ih mikroskopom promatramo, a ne samo na optičku mrežicu. U svakom slučaju nastaju u žarišnoj plohi objektiva maksimumi — spektar ogiba, no daleko zamršeniji nego kod mrežice. Kod mrežice je osim toga osobito povoljna ta okolnost što mrežica ima detalje poredane simetrično i periodički. Mislimo kod toga, simetrično s obzirom na smjer prvotnih zraka. Zbog toga nastaju jednaki spektri s jedne kao i s druge strane. Kod drugih preparata iz svakodnevnog mikroskopske prakse to nije slučaj. No to nije ni važno, jer se tumačenje postanka slike na mrežici može prenijeti na svaki drugi predmet.

Svaku je teoriju potrebno potvrditi eksperimentom pa tako i Abbe-ovu. Potvrdu ovog dijela Abbe-ove teorije što smo ga upravo iznijeli nije teško provesti. Evo, kako se to može učiniti.

U tubusu mikroskopa mogu se zastorom (komadićem papira) zakloniti svi maksimumi, a propustiti samo »nulti« ili centralni. Ako sad stavimo okular na svoje mjesto i pogledamo krozanj u mikroskop, ne ćemo više vidjeti nikakvu sliku mrežice, nego ćemo vidjeti svijetlo polje svuda jednoliko osvijetljeno. O mrežici ni traga. Dakle, uprkos tome što svjetlost ulazi u okular i što po pravilima geometrijske optike mora nastati slika predmeta, mi te slike ne vidimo, ona nije nastala. Otuda donosimo zaključak da su za postanak slike potrebni i drugi maksimumi osim centralnog i, nadalje, da je glavni maksimum odgovaran za jačinu osvijetljenja



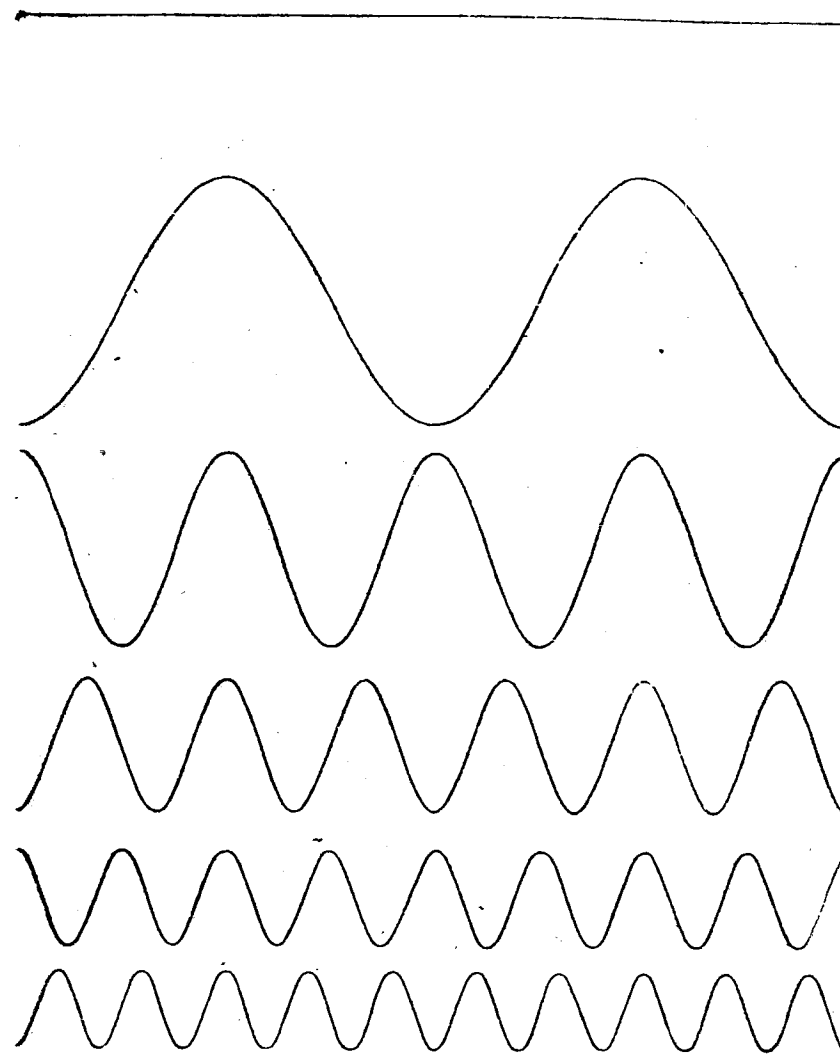
svih mjesta podjednako. On »snabdijeva« svijetlom cijelu ravninu slike.

Pokus možemo nastaviti dalje. Prekrit ćemo sve maksimume osim centralnog i ona dva s jedne i druge strane centralnog. Ostavljamo dakle centralni i oba maksimuma prvoga reda. Dobit ćemo mjesto slike mrežice vidno polje sa svijetlim i tamnim prugama. Najsvjetlija mjesta pruga bit će doduše razmaknuta kao na pravoj slici mrežice, no ona će postepeno postajati tamna i preći u tamnu prugu i t. d.

Slijedeći pokus neka se sastoji u tome da izostavimo sve maksimume osim centralnog i oba maksimuma drugog reda. Dobit ćemo sličnu sliku kao malo prije, no svijetle pruge bit će dva puta bliže nego kod prave slike mrežice. Možemo taj pokus usavršiti tako da pokrijemo sve maksimume neparnog reda, dakle: prvog, trećeg, petog i t. d., a ostavimo samo maksimume parnog reda. Dobit ćemo dobru i potpunu sliku mrežice ali, kojeg li čuda, ta slika pokazuje mrežicu koja ima dva puta više linija, kod koje su linije dva puta bliže jedna drugoj nego kod one mrežice koju u stvari gledamo kroz mikroskop! Drugim riječima, mi možemo u mikroskopu vidjeti i ono što uopće nije pod objektivom mikroskopa. Mi možemo vidjeti sliku predmeta kog ne promatramo!

Razumije se da bi pokus mogli udesiti i tako da mijenjamo otvor na leći objektiva. Tako bi dobili potpuno istu sliku s lećom koja ima toliki otvor da propušta samo oba spektra prvoga reda (uz nulti) kao što je i slika koju dobijemo ako zaklonimo sve druge spektre osim tih u stražnjoj plohi objektiva u tubusu mikroskopa. To se može učiniti »iris-blendom« smještenom između mrežice i objektiva. Odsustvo svake razlike u rezultatu pokusa na prvi ili drugi način jasno pokazuje kako leća objektiva vrši u stvari sporednu ulogu. Ona samo skuplja spektre ogiba na uže područje.

Tok i rezultate pokusa možemo vrlo pregledno i jasno prikazati grafički. Takav prikaz dat je na crtežima na slici 8. i 9. Prije objašnjenja crteža, treba upozoriti na jednu važnu okolnost. Kad prelazimo na grafički prikaz, stoje pred nama dvije moguć-



Sl. 8. Raspored amplituda što ga daje svaki interferencijski maksimum konačnoj slici u mikroskopu. Uzeto je ukupno 6 maksimuma i to redom odozgo: nulti, prvi, drugi, treći, četvrti i peti.

nosti i to: ili ćemo crtati krivulju promjene amplituda ili krivulju promjene intenziteta svjetlosti. Kao što je poznato osvjetljenje slike na nekom mjestu proporcionalno je intenzitetu svjetlosti. Ako, dakle, crtamo krivulju promjene intenziteta, onda imamo

grafički prikaz osvjetljenja, dakle, grafički prikaz slike koju gledamo kroz okular. Poznato je, nadalje, da je intenzitet svjetlosti proporcionalan kvadratu amplitude. Slijedi da je amplituda vala svjetlosti proporcionalna drugom korijenu iz jakosti osvjetljenja. I tu sad nastaje pitanje o tome koji ćemo predznak dati drugom korijenu, da li »plus« ili »minus«. Predznak drugom korijenu iz jakosti osvjetljenja ili kraće, predznak amplitude, ima ovaj fizički smisao. Amplituda s pozitivnim predznakom znači val svjetlosti koji interferira sa faznom razlikom nula ili cijeli broj perioda, a amplituda sa negativnim predznakom znači val svjetlosti koji interferira sa faznom razlikom od  $180^\circ$  ili s neparnim brojem polovica periode (valne dužine). O fizičkim i geometrijskim svojstvima mrežice ovisit će sa kolikim amplitudama i u kojim fazama će interferirati valovi u nekoj točki u ravnini slike. Moramo odmah istaknuti da nismo u mogućnosti da izmjerimo fazne razlike. Ono što vidimo i mjerimo to je osvjetljenost datog mjesta, a ona je, kako smo već rekli, proporcionalna kvadratu amplitude.

Uzet ćemo zato kao primjer vrlo jednostavan slučaj. Neka je mrežica što je promatramo simetrična s obzirom na optičku os mikroskopa. Ona neka je smještena tako da se prva linija na jednu stranu nalazi jednako daleko od optičke osi kao i prva linija na drugu stranu. Točka kroz koju prolazi optička os mrežicom postaje tako centar simetrije mrežice, jer se ostale linije nalaze na jednakim razmacima (periodama) od prvih s jedne i druge strane. Taj centar simetrije uzimamo za ishodište našeg koordinatnog sustava. Slijedi, dalje, da će i slika mrežice biti centralno simetrična s obzirom na točku koja se također nalazi na optičkoj osi. Drugim riječima svakoj točki udaljenoj od ishodišta za  $x$  pripadat će iste amplitude po veličini i predznaku kao i točki udaljenoj za  $-x$ . U matematici to se kaže da će raspored amplitude u tom slučaju biti prikazan takom funkcijom. U našem slučaju to je funkcija kosinusa. U ishodištu, u ravnini slike, interferirat će dakle amplitude sa svojom maksimalnom ili minimalnom vrijednosti. Predimo sad na naš grafički prikaz!

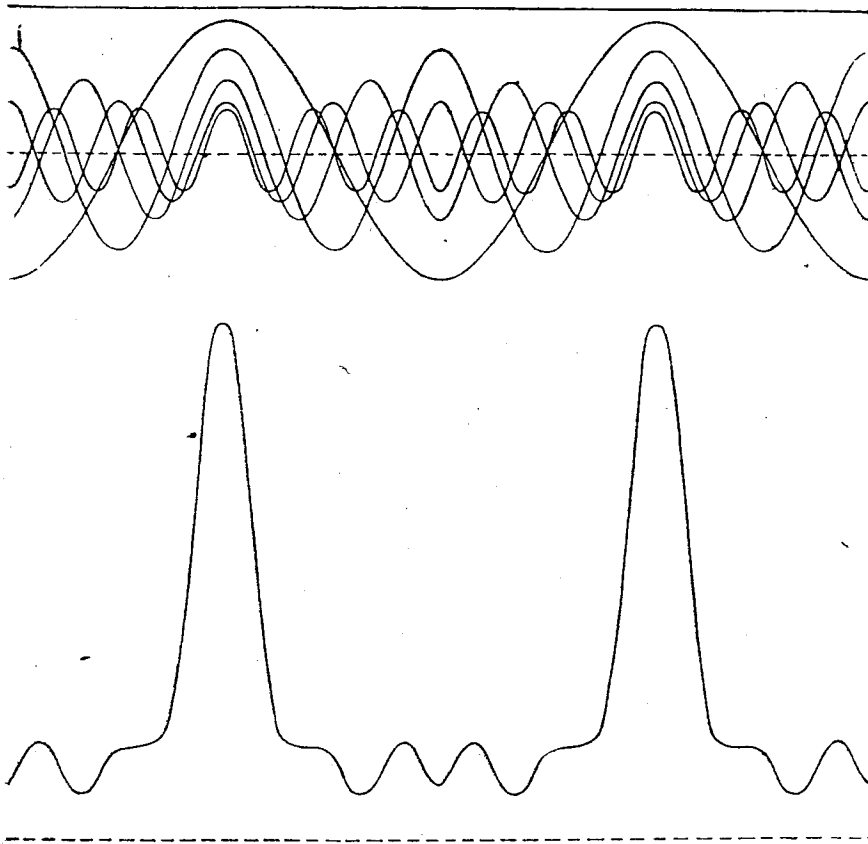
Najprije imamo raspored amplituda nultog spektra po cijeloj ravnini slike. Taj je prikazan ravnom linijom paralelnom osi apscisa na nekoj određenoj ordinati koja je proporcionalna drugom korijenu iz jakosti osvjetljenja vidnog polja u slučaju kad je objektiv propustio samo spektar nultoga reda. Sve točke imaju u tom slučaju istu fazu.

Slijedi raspored amplituda koje daje spektar prvog reda, zatim spektar drugog, trećeg, četvrtog i petog reda. Ostali spektri su izostavljeni i možemo uzeti da ih objektiv zbog nedovoljnog otvora nije »uhvatio«. U crtež su uzete samo dvije periode.

Želimo li dobiti konačni raspored amplituda u ravnini slike, kad su interferirali valovi svih spektara ušlih u mikroskop, moramo zbrojiti za svaku točku sve vrijednosti amplitude. To je učinjeno na slici 9. Rezultat sumiranja dat je posebno. Na mjestima prozirne linije na mrežici imamo na slici velike vrijednosti amplitude. Tu je i osvjetljenje u slici najjače. Na mjestima tamnih pruga imamo male vrijednosti amplitude. Primjećujemo međutim da i tu ima manjih i većih vrijednosti. To dolazi otuda što je uzet nedovoljan broj spektara. Da ih je više nestale bi i te neravnosti između svijetlih linija. Prema tome, pomoću našeg zamišljenog mikroskopa sa aperturom koja propušta samo spektre petoga reda, vidjeli bi uz jake svijetle linije još po dvije vrlo slabe. Međutim tih slabih na mrežici, dakle na predmetu što ga pod mikroskopom promatramo, uopće nema. Po detaljima, znači, slika ne bi bila vjerna originalu!

Na vrlo zanimljiv način nastaje dakle slika mrežice u mikroskopu. Ponajprije mrežica razbije monohromatski val svjetlosti na amplitude i podijeli ih u spektre. Leća ih zatim sastavi, i svakoj točki dodijeli pripadnu amplitudu i fazu, sve sumira bez pogreške i mi vidimo sliku mrežice, vidimo onaj raspored svjetlosti kakav je upravo na mrežici. No, to što vrijedi za monohromatski val svjetlosti vrijedi i za svaki drugi, vrijedi i za bijelu svjetlost. U tom slučaju obavlja mrežica još jedan posao. Ona podijeli svjetlost osim po amplitudama još i po valnim dužinama. Od svake točke mrežice dobije svaki spektar po jedan val osnovne

valne dužine i pripadne amplitude. Tako se sva svjetlost koja je pala na mrežicu podijeli po spektrima, a u njima po valnim dužinama, amplitudama i fazama. Leća objektiva probere opet za svaku pripadnu točku slike sve valne dužine amplitude i faze i sumira ih. Vidimo kako su kod običnih mikroskopskih preparata



Sl. 9. U mikroskopskoj slici mrežice sumiraju se svi prilozi svih spektara. Gore je nacrtan raspored amplituda za svaku točku slike za svaki od uzetih šest maksimuma. Za svaku točku svi se prilozi sumiraju. Dolje je konačna slika mrežice, prikazana krivuljom rasporeda amplituda. Uzete su samo dvije periode.

uz primjenu bijele svjetlosti vrlo složene prilike interferencije. Preparat nije centralno simetričan i ne sastoji se iz prozirnih i neprozirnih mjesta. Tvar preparata koja rasijava svjetlost sastoji

se iz neperiodički razmještenih detalja različitog indeksa loma. Kakve tu sve mogu nastupiti razlike u fazi! Nismo u stanju ni grafički ni računski izvesti »sintezu« slike kao što to lako učinimo u slučaju jednostavne optičke mrežice.\* Međutim, mikroskop taj posao obavlja!

W. Volkmann, koji je konstruirao vrlo zgodan aparat za demonstraciju Abbe-ove teorije, u svojoj knjižici »Praksa optike leća« ovim riječima opisuje nastajanje slike u mikroskopu: »To nam se pričinja gotovo kao čarolija, da je mikroskop mali majstor računanja, koji savršeno vlada integriranjem, to jest on sve priloge, koje pridonosi svaka točka bilo koje valne plohe, za svaku točku slike sortira, bez ostatka sumira, i tako odredi bez pogreške koja je točka svijetla, koja ostaje tamna, koja treba da ima crveno, koja zeleno, a koja plavo svijetlo.«

Eto, tako optičke leće obavljaju integralni račun. U principu je to sve poznato i matematske metode izrađene. Prema tome, možemo sad dati odgovor na postavljeno pitanje u prvom poglavlju: Iako nemamo leća za rentgenske zrake i ne možemo konstruirati rentgenski mikroskop, mi možemo matematičkim operacijama zamijeniti leće i tako »sintetizirati« sliku atoma i molekula kakvu bismo vidjeli kad bismo taj mikroskop imali. Da vidimo, na koji način funkcionira rentgenska strukturalna analiza kao zamjena rentgenskom mikroskopu!

### Rentgenska strukturalna analiza

Eksperimentalni dio metode rentgenske strukturalne analize sastoji se u točnom mjerenju ogiba rentgenskih zraka na kristalima. To se mjerenje provodi na razne načine, od kojih je danas najrašireniji onaj, koji se služi pojavama fiksiranim na fotografskoj

\* Čitatelj, koji je malo više upućen u matematiku, lako će razabrati da se ovdje radi o takozvanoj Fourierovoj sintezi jedne periodičke funkcije. To je funkcija koja predočuje raspored svjetlosnih amplituda po optičkoj mrežici. Koeficijenti Fourierovog reda ovdje su amplitude svjetlosnih valova pojedinog spektra. Razabiremo da su predznaci tih koeficijenata glavni eksperimentalni i računski problem.

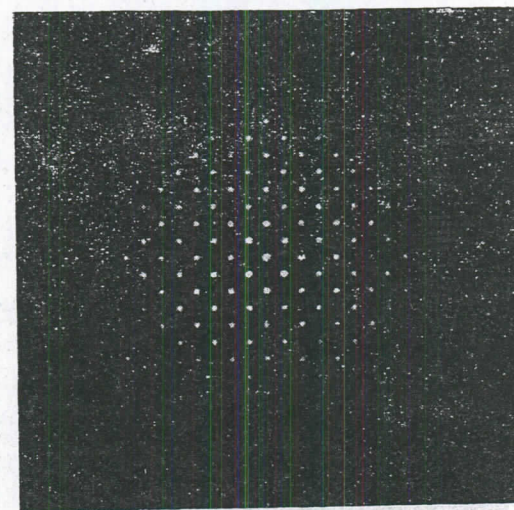
emulziji, takozvanim rentgenogramima. U ovom prikazu nije potrebno ulaziti u historijat i detalje tog eksperimentalnog dijela i zato ćemo ga prikazati samo u nekoliko redaka.

Starog je datuma predodžba kristala kao prostorne rešetke. Atomi su u kristalu razmješteni periodički u sva tri smjera. Vanjska simetrija kristala samo je odraz unutrašnje simetrične građe. Budući da kristali, kao savršena čvrsta tijela, imaju vrlo mali koeficijent kompresibiliteta, izvodi se zaključak da su atomi, ioni ili molekule, koji izgrađuju kristalnu rešetku, složeni u njoj vrlo tijesno, praktički do minimalnih razmaka. Oni se u rešetki dodiruju svojim elektronskim ovojnica, kako se to obično kaže. Međuatomske razmace u kristalnoj rešetki su veličine od 1 do 2 Å. Kristalna rešetka prema tome predstavlja idealnu optičku mrežicu za rentgenske zrake.

Optička mrežica o kojoj smo ranije govorili je periodička u jednom smjeru. Atomi analogon optičke mrežice bio bi niz jednakih atoma poredanih po pravcu jedan do drugog. Takav samostalni atomski agregat nije ostvariv.

Dvodimenzionalna rešetka je periodična u dva smjera. Takva atomska dvodimenzionalna rešetka bila bi slagalina atoma u ravnini na jedan od bezbroj mogućih načina ili, na primjer, na najgušći heksagonski način. Takve atomske dvodimenzionalne rešetke nemaju, jasno, praktičnu važnost. One imaju analogona kod tako zvanih »ukrštenih mrežica« u optici. To su mrežice koje dobijemo ako prekrijemo jednu optičku mrežicu drugom tako da im se linije sijeku pod nekim kutem, uzmimo, na primjer, pravim kutem. Ako nam se pri tom mrežice sastoje od prozirnih i neprozirnih linija onda se ukrštena mrežica sastoji (zanemarijuvši debljinu staklene pločice) od periodički razmještenih jednakih prozirnih romba (ili, u našem slučaju, kvadrata) na tamnom polju u jednoj ravnini. Na takvoj pločici interferiraju svi valovi što su prošli kroz kvadrate međusobno i daju skladnu i simetričnu sliku ogiba. Ona se sastoji od niza spektara koji se u slučaju da je primjenjena monohromatska svjetlost sastoje od maksimuma iste valne dužine no različitih amplituda, već prema strukturi mrežice.

Takva jedna slika ogiba na ukrštenim mrežicama prikazana je na slici 10. Dok smo kod obične optičke mrežice red spektara označavali rednim brojevima počev od nule, to kod ogibne slike ukrštenih mrežica moramo uzeti dva broja. Ako, na primjer, jedan maksimum nastaje tako da val rasijan od kvadrata u vodoravnim nizovima sa zaostatkom od tri valne dužine interferira sa valom rasijanim od kvadrata u okomitim nizovima sa razlikom

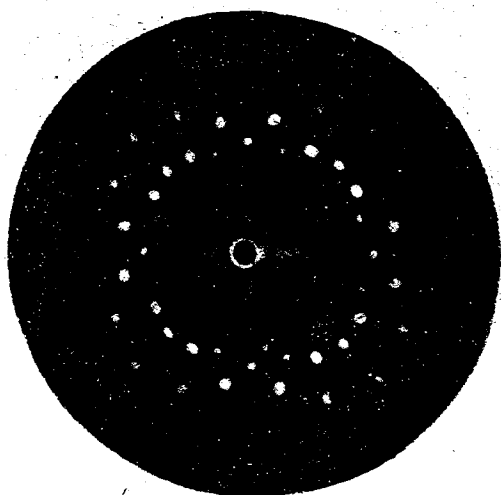


SL. 10. Ogibna slika monohromatskog ravnog vala na ukrštenim optičkim mrežicama.

od jedne valne dužine, onda je maksimum sa redom 3 i 1. Ti se indeksi (indeksi interferencije) pišu zajedno 31, općenito  $hk$ , gdje su  $h$  i  $k$  cijeli brojevi ili nula. Maksimum 00 je centralni ili nulti maksimum i nalazi se u centru slike. To je svjetlost koja je prošla »bez ogiba«.

Kristalnu rešetku možemo zamisliti sastavljenu od velikog broja ovakvih dvodimenzionalnih ukrštenih mrežica periodički složenih u nekom trećem smjeru. Na prvi mah skloni smo pomisli da će ovakva prostorna rešetka kao što je kristal dati vrlo velik broj interferencionih maksimuma u ogibnoj slici. Međutim to nije tako. S jedne strane, to pokazuje eksperiment a, s druge strane, to možemo i lako zaključiti na ovaj način. Pretpostavimo

da neki kristal stavimo u snop paralelnih rentgenskih zraka. Da dođe do maksimuma kao rezultata interferencije mora val rasijan na nizu atoma u jednom smjeru, biti u fazi još sa valovima rasijanim na nizu atoma u druga dva smjera. Stavlja se dakle zahtjev da svaki od tri kuta kojim je određen smjer rasijanih zraka zadovolji uslovu saglasnosti faza. Takvih smjerova za monohromatsku rentgensku svjetlost ima vrlo malo i u općem slučaju može slika ogiba uopće izostati. Zato se takozvana Laue-ova metoda sastoji u primjeni »bijele« rentgenske svjetlosti. Svakom maksimumu na »lauegramu« odgovara dakle niz valnih dužina koje se odnose kao cijeli brojevi. Tipični lauegram dat je na slici 11.

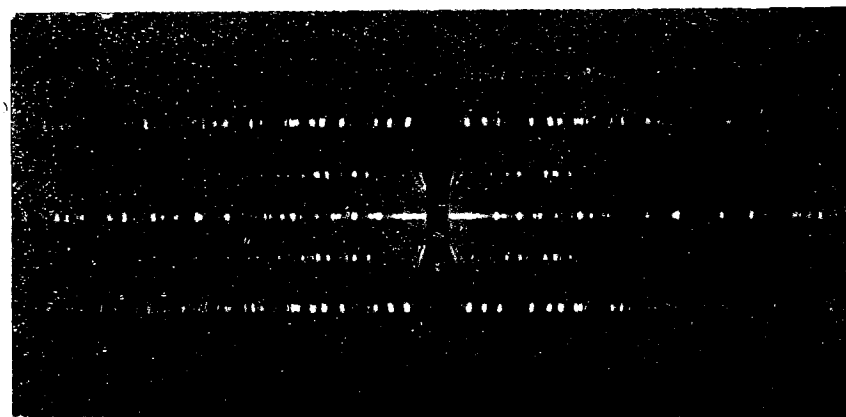


Sl. 11. Ogibna slika rentgenskih zraka na kristalnoj rešetki amonijeva klorida po Laue-ovoj metodi (prema C. W. Bunn-u).

Razumije se, da je svakom rentgenskom interferencionom maksimumu potrebno dati kao indeks tri cijela broj  $hkl$ . To su Laueovi indeksi. Njihovo značenje razabire se već iz primjera na dvodimenzionalnoj rešetki. Laueova metoda danas se praktički upotrebljava samo za određivanje kristalne simetrije i kod potpunog određivanja strukture, bez upotrebe drugih metoda, rijetko dolazi u obzir.

Glavni nedostatak Laueove metode je u tome što daje malo interferencionih maksimuma, malo pjega na rentgenogramu. Mi već znamo iz Abbeove teorije kako maleni broj interefencionih maksimuma ne može dati dobru sliku. Laueova metoda u retgenografiji analogna je prema tome mikroskopu s malim otvorom objektiva. Ulogu objektiva s velikim otvorom igraju u rentgenskoj struktornoj analizi metode koje daju bogatu ili, bolje da se izrazimo, potpunu ogibnu sliku. To su takozvane metode »rotirajućeg kristala«. Prvu metodu te vrste izradili-su otac i sin Bragg.

Nepovoljni uvjeti interferencije mogu se ukloniti tako da se nekom povlaštenom smjeru u kristalnoj rešetki (na primjer kristalografskoj osi ili osi simetrije) daje stalan kut sa rentgenskim



Sl. 12. Ogibna slika monohromatskih rentgenskih zraka na kristalu gipsa koji je rotirao za vrijeme snimanja oko jedne kristalografske osi. Vidi se veliki broj interferencionih maksimuma »pjega« poredanih u nizovima (C. W. Bunn).

zrakama. Ako tako namješten kristal polagano rotira oko tog smjera, onda se postepeno ispunjavaju uvjeti za postanak interferencionih maksimuma različitih indeksa. Na cilindričnom koksijalnom fotografskom filmu poredaju se interferencioni maksimumi u nizove. Dobijemo rentgenogram rotirajućeg kristala. Takav jedan snimak prikazan je na slici 12. Upotrebjene su monohromatske zrake sa bakrene anode ( $\lambda = 1,54 \text{ \AA}$ ).

Iz poglavlja o optičkoj mrežici znamo da su razmaci među maksimumima to veći što je perioda rešetke manja. To vrijedi i za ogibnu sliku na kristalu. Iz geometrijskih odnosa na rentgenogramu doznajemo prema tome kolika je perioda kristalne rešetke, to jest, na kojim se razmacima ponavlja poredak atoma u sva tri smjera (recimo, u smjerovima kristalografskih osi). Tako dobijemo veličinu bridova elementarnog paralelepipeda, takozvane elementarne ćelije, kristalne rešetke. Riješiti veličinu jedne elementarne ćelije i odrediti položaj atoma u njoj, znači dakle riješiti strukturu cijele kristalne rešetke.

Broj rentgenskih interferencionih maksimuma koji mogu nastati na nekoj kristalnoj rešetki određen je valnom dužinom upotrebene rentgenske svjetlosti i veličinom elementarne ćelije rešetke. Obično se upotrebljavaju rentgenske zrake što ih emitira bakrena anoda, a periode rešetke su oko 10 Å. Broj mogućih maksimuma iznosi tada preko 1000. Kod rešetki složene građe, s velikom elementarnom ćelijom, kao što je to na primjer slučaj kod kristala bjelančevina, broj mogućih maksimuma iznosi na desetke tisuća. Kod određivanja kristalne strukture ide se za tim da se »snimi« što više maksimuma, a po mogućnosti svi koji se u datim uslovima eksperimenta mogu pojaviti.

Tako dobijemo ogibnu sliku rentgenskih zraka na kristalu koja je po svemu analogna onoj ogibnoj slici što je dobijemo kad pustimo monohromatski val na optičku mrežicu. Staviti kristal na put rentgenskim zrakama slično je kao staviti optičku mrežicu na stolić mikroskopa i osvijetliti je monohromatskom svjetlošću. U drugom slučaju imamo objektiv i okular koji nam sastave sliku iz interferencionih maksimuma, a u prvom slučaju moramo se poslužiti računom.

Vidjeli smo, kako je kod sastavljanja slike mrežice grafičkim putem bilo potrebno poznavanje veličine valnih amplituda za svaki red spektra. Veličina amplitude to je onaj prilog slici koji donosi svaki interferencioni maksimum. Sastavljanjem svih tih amplituda u svakoj točki ravnine slike dobijemo konačni raspored osvjetljenja slike koji odgovara onom na originalu, na mrežici

ili predmetu što ga promatramo. Kako dolazimo do valnih amplituda rentgenskih interferencionih maksimuma? Bez poznavanja njihovih veličina ne ćemo moći sastaviti sliku kristalne rešetke.

Već na reprodukciji rentgenograma (pozitiva) na slici 12. jasno se vidi da ima slabih i jakih pjega. Rentgenski interferencioni maksimumi razlikuju se znatno po svom intenzitetu. Jedni donose na fotografski film mnogo energije, jedni malo. Njihov intenzitet proporcionalan je kvadratu amplitude. Zato je potrebno izmjeriti intenzitet svih interferencionih maksimuma na jednom kristalu, to jest, intenzitet svih pjega na rentgenogramu. Taj posao nije lak no od velike je važnosti.

Da iz izmjerenih vrijednosti intenziteta dobijemo amplitude potrebno je, kako to već znamo, izvaditi drugi korijen.\* Tako dobivene veličine predstavljaju apsolutne vrijednosti amplituda. Njihov predznak ne možemo odrediti eksperimentalnim putem. Određivanje predznaka strukturnim amplitudama je najodgovorniji zadatak rentgenske strukturne analize, to je ujedno i posao koji najdulje traje. Još danas je najvažnija metoda za određivanje predznaka amplitudama poznata pod imenom »metoda probe i pogreške«. Kao što i sam naziv kaže, ona se osniva na odabiranju predznaka i višekratnom isprobavanju ispravnosti izbora. Taj izbor predznaka bio bi potpuno proizvoljan kad ne bi imali kemijske strukturne formule. Veličina i predznak amplitude ovise o rasporedu atoma u elementarnoj ćeliji kristalne rešetke. O tom rasporedu atoma u rešetki možemo unaprijed suditi samo na osnovu nekih, prvenstveno kemijskih podataka. Taj najvažniji podatak je kemijska formula spoja. Polazeći od kemijske formule spoja koja nam daje i relativni razmještaj povezanih atoma možemo odabrati najvjerojatnije položaje koje mogu atomi zauzeti u kristalnoj rešetki. Kad odaberemo takve položaje atoma, kod kojih nam se izračunata amplitude po veličini dobro slažu s onima

\* Prijelaz od intenziteta na amplitude u praksi je stvarno nešto duži. Vrijednosti intenziteta potrebno je prije korigirati zbog pojava koje prate sam ogib. To je apsorpcija zraka na tvari kristala, nejednako rasijavanje u svim smjerovima, divergencija i nelinearni odnos pocrnjenja fotografske emulzije i energije zraka.

što smo ih dobili iz izmjerenih intenziteta na rentgenogramu, onda su nam i predznaci amplituda dobro odabrani. Kad smo to učinili za sve maksimume koji ulaze u obzir, onda imamo ono što smo imali u stražnjoj žarišnoj plohi objektiva kod promatranja mrežice bez okulara: sortirane maksimume po amplitudama. Treba sad na svakoj točki slike izvršiti sumu amplituda svih maksimuma sa pripadnom veličinom i fazom. Ona leća koja nam to čini je matematička operacija poznata pod imenom Fourierove sinteza. To je upravo ona operacija koju smo izveli kad smo sastavili sliku mrežice grafičkim putem. No, najprije da odgovorimo na neka pitanja koja će čitatelja sigurno zanimati.

Kristalna rešetka je prostorna, trodimenzionalna ogibna mrežica i opravdano je pitanje, kako ćemo dobiti njenu sliku u prostoru. Prije svega, kad govorimo o slici kristalne rešetke onda mislimo na sliku jedne jedine elementarne ćelije, jer se cijela rešetka sastoji u ponavljanju te ćelije kao periode u sva tri smjera u prostoru. Budući da znamo sve geometrijske veličine ćelije možemo izračunati sumu amplituda za neki dovoljno veliki broj točaka unutar ćelije. Razdijelimo na primjer bridove ćelije na 60 dijelova, i na taj način odredimo u elementarnoj ćeliji  $60^3 = 216000$  točaka i za svaku točku izračunamo sumu pripadnih amplituda. Svakako golem računski posao! Odmah ističemo da su takve trodimenzionalne (prostorne) sinteze počeli izvoditi tek u posljednje vrijeme, kad su uvedeni u upotrebu moćni strojevi za računanje. Oni cijelu sintezu obavljaju »sami«, samo im treba »ubaciti« amplitude zabilježene na specijalnim perforiranim karticama.

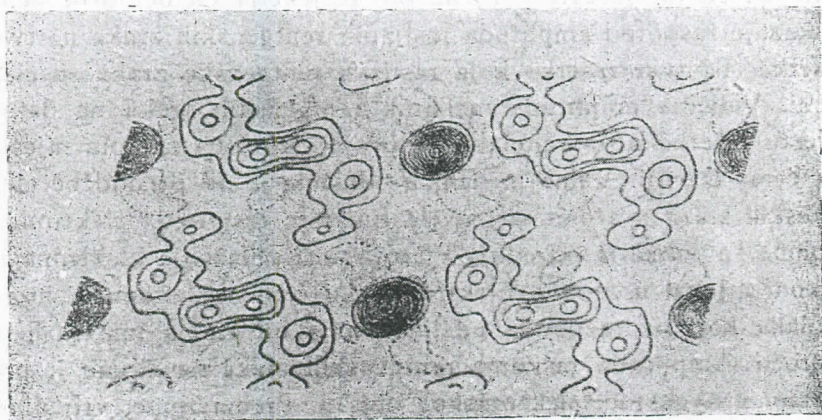
Mnogo običnija i u većini slučajeva potpuno dovoljna slika kristalne rešetke je dvodimenzionalna slika u ravnini. Takva slika je u stvari projekcija elementarne ćelije na jednu plohu. Obično je to projekcija na plohu koja je okomita osi rotacije kristala. Za takvu projekciju nisu potrebni svi mogući interferencijski maksimumi. Dovoljni su samo oni koji leže u jednom nizu na rentgenogramu rotirajućeg kristala, upravo u ekvatorijalnom ili »nultom« nizu (vidi sliku 12.). Projekciju elementarne ćelije na

jednu ravninu možemo predočiti kao da nastaje tako da sav sadržaj ćelije stisnemo u jednu ravninu. To je u neku ruku tlocrt elementarne ćelije u kom su sadržani svi atomi ćelije, slično kao što iz plana zgrade znamo razmještaj svih njenih odaja i detalja.

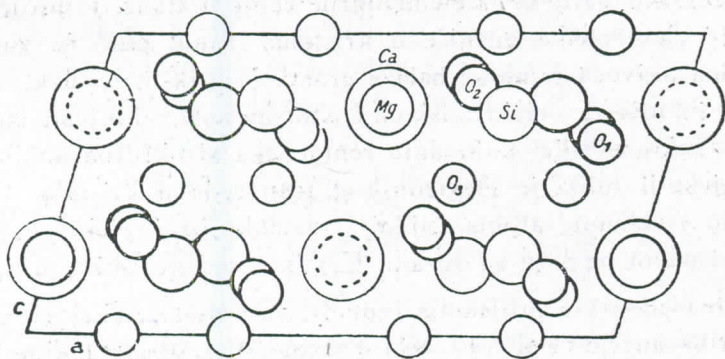
Ostaje još jedno pitanje: »Što nam daje suma amplituda u svakoj točki tako dobivene projekcije elementarne ćelije?« Opet ćemo istaknuti analogiju između ogiba na optičkoj mrežici i ogiba na kristalnoj rešetki. Slika optičke mrežice, što smo je dobili grafičkim putem, prikazivala je raspored amplituda rasijanog svijetla na samoj mrežici. Slijedi, da projekcija elementarne ćelije prikazuje raspored amplituda rasijanih rentgenskih zraka na tvari rešetke. Ta tvar rešetke koja rasijava rentgenske zrake su elektroni. Veličina amplitude rasijanih rentgenskih zraka na datom mjestu rešetke proporcionalna je broju elektrona na tom mjestu. Bit ćemo točniji. Valna mehanika odustala je od predodžbe elektronskih staza u atomima i uvela funkciju rasporeda elektrona u atomu. Ta funkcija određuje vjerojatnost nalaženja elektrona na nekom mjestu u atomu. Elektroni tako čine oko atomske jezgre »oblak« koji na različitim udaljenostima od atoma ima različitu gustoću. Amplituda rasijanih rentgenskih zraka na atomu je proporcionalna gustoći elektronskog oblaka. Prema tome, vrijednost sume amplituda na projekciji elementarne ćelije u bilo kojoj njenoj točki proporcionalna je gustoći elektrona u toj točki kristalne rešetke. Projekcija elementarne ćelije u stvari je projekcija funkcije elektronske gustoće u kristalu. Tamo gdje je gustoća elektrona najveća tamo se nalaze atomi. Mjesta male elektronske gustoće ili, mjesta s elektronskom gustoćom nula, su mjesta između atoma. Tako na slici koju daje rentgenska strukturna analiza — na projekciji funkcije elektronskog rasporeda u kristalu — doznajemo i veličinu atoma, njihov razmak, broj elektrona koji sadrže i način na koji su vezani. Uzmimo sad nekoliko primjera!

Jedna od prvih projekcija funkcije rasporeda elektrona u kristalu prikazana je na slici 13. Nju je dobio W. L. Bragg godine 1929. Radi se o kristalnoj rešetki silikatnog minerala diopsida kemijske formule  $MgCa(SiO_3)_2$ . Kakve su to linije?

Linije koje vidimo na projekciji elektronskog rasporeda u elementarnoj ćeliji kristalne rešetke diopsida su linije koje spajaju mjesta jednake elektronske gustoće. Isto onako kao što na geografskim kartama spajaju mjesta jednake nadmorske visine da bi mogli na ravnini papira prikazati reljef zemljišta, tako isto i na projekcijama elektronske gustoće prikazuju raspored elektrona u kristalnoj rešetki. Razumije se, tamo gdje te linije slijede gusto jedna za drugom tamo ima mnogo elektrona, tamo je gustoća elektronskog oblaka veća. Mi smo navikli zamišljati atome kao



Sl. 13. Krivulje jednake elektronske gustoće na projekciji elementarne ćelije kristala diopsida  $MgCa(SiO_3)_2$  (W. L. Bragg).



Sl. 14. Model rasporeda atoma u kristalnoj rešetki diopsida postavljen na osnovu projekcije rasporeda elektronske gustoće dobivene pomoću rentgenske strukturne analize, a prikazane na slici 13.

čvrste kuglice. Ako gornju projekciju »prevedemo« na takvu predodžbu, onda imamo prema W. L. Braggu sliku 14. Mjesta velike elektronske gustoće objasnio je Bragg kao mjesta na koja se projiciraju magnezijev i kalcijev atom zajedno. Iz ostalih značenja elektronske gustoće mogao je Bragg zaključiti koje položaje imaju silicijevi i kisikovi atomi. Značajno je da su magnezijev i kalcijev ion osamljeni i imaju kuglastu formu. To znači da su oni u rešetki u ionskom stanju i povezani su s negativno nabijenim  $SiO_3$ -skupinama elektrostatskim silama. To je mogao Bragg potvrditi i po vrijednosti elektronske gustoće na projekciji. Izašlo je skoro točno da ukupni broj elektrona na tim mjestima iznosi 28 elektrona, što odgovara zbroju elektrona magnezijevog ( $Mg^{++}$ ) i kalcijevog ( $Ca^{++}$ ) iona. Mi se na toj uspješnoj projekciji elektronskog rasporeda ne ćemo dalje zadržavati, no ističemo, da se od nje još mnogo toga može doznati.

Projekcija elektronske gustoće na slici 13. je u stvari »slika« kristalne rešetke koju daje »matematički rentgenski mikroskop« — rentgenska strukturna analiza. Čitateljima će se ta slika učiniti čudnom i nesavršenom, jer nije fotografija. Međutim ta slika daje sve što o strukturi možemo saznati današnjim sredstvima nauke. Ta je slika kvantitativna, ona daje sve podatke u brojevima i dovoljno točno. Kao što iz točne geografske karte čitamo sve podatke terena kojeg nismo ni vidjeli, tako iz ovih »snimaka« rentgenske strukturne analize doznajemo detalje iz nevidljivog svijeta kristalne rešetke. Međutim, mogu se dobiti i »fotografije« kristalne rešetke po metodi koju je također prvi upotrebio Bragg. Takva fotografija rešetke diopsida prikazana je na slici 15.

Te su fotografije dobivene opet prema Abbe-ovoj teoriji postanka slike u mikroskopu i po istoj metodi kojom smo grafičkim putem načinili sliku mrežice. To je Fourierova sinteza učinjena direktno na fotografskoj ploči. U tu svrhu osvjetljavao je Bragg fotografsku ploču\* u više navrata i to svaki put u onoj mjeri i na onaj način kako to zahtijeva raspored amplituda koje

\* U stvari, upotrebio je specijalni, na svjetlo osjetljivi papir, jer su obične fotografske emulzije suviše osjetljive na svjetlo.

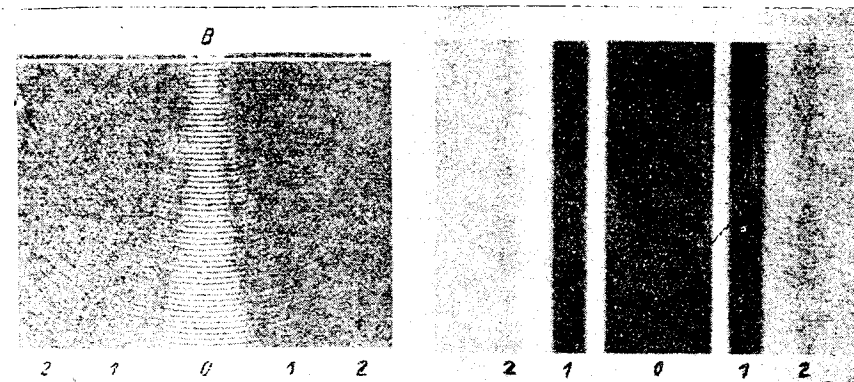


daje svaki interferencijski maksimum posebno. Na slici 16. prikazana je fotografska ploča, kad je bila osvijetljena tako kako to zahtijevaju redom interferencijski maksimum 102 (a), 002 (b), 302 (c) i 30 $\bar{1}$  (d). Crna, jako osvijetljena mjesta odgovaraju maksimalnim vrijednostima amplituda, a svijetla, neosvijetljena mjesta, odgovaraju minimalnim vrijednostima amplituda. Kad tamna pruga prolazi kroz centar simetrije (ishodište) onda je uzeta amplituda s pozitivnim predznakom, a kad svijetla pruga\* prolazi kroz centar simetrije onda amplituda ima negativan predznak. U prvom slučaju nema razlike u fazi, a u drugom je ona 180°. Kad se fotografska ploča osvijetli redom na ovaj način priložima svih interferencijskih maksimuma onda se sva pojedinačna osvijetljenja sumiraju u jednu sliku — u sliku kristalne rešetke (sl. 15.). U toj slici tamnija mjesta znače više elektrona, a svjetlija manje elektrona. Ta se slika može punim pravom nazvati fotografijom kristalne rešetke, jer je nastala na onaj način na koji nastaju slike u mikroskopu. Međutim u nauci mnogo više cijene projekcije elektronskog rasporeda nego ove fotografije. Prve su mnogo točnije i preglednije od potonjih.

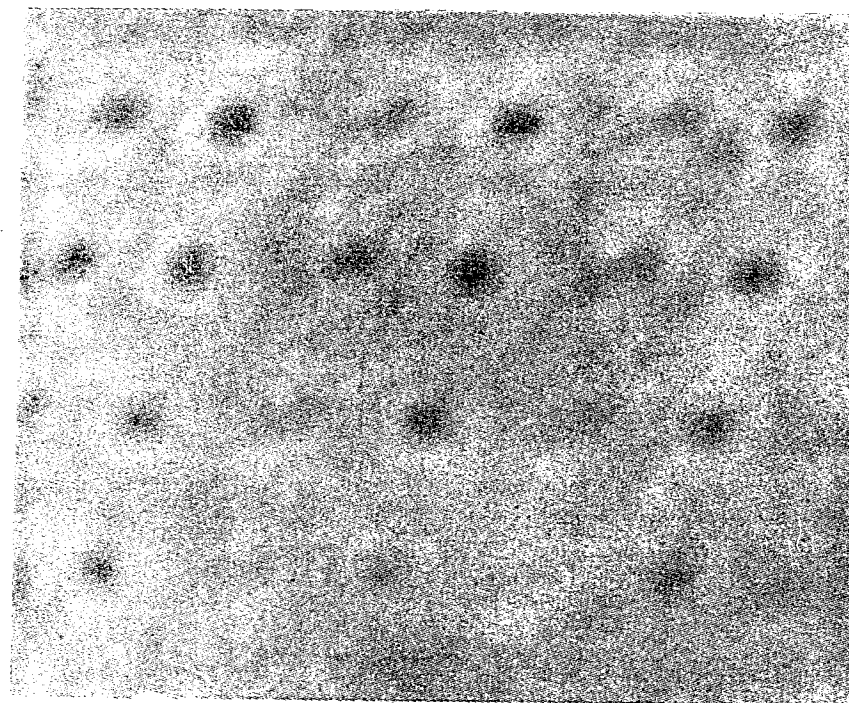
Da završimo na jednom primjeru na kom je u najnovije vrijeme rentgenska strukturna analiza pokazala sjajne mogućnosti i opravdala glas najmoćnijeg mikroskopa današnjice. To je primjer određivanja strukture vrlo složene molekule, molekule penicilina.

Poznato je, da je prvoklasno ljekovito djelovanje penicilina našlo već svoju široku upotrebu a kemijska formula — struktura molekule penicilina — još nije bila ustanovljena. I ako su kemijske metode određivanja strukture molekula najbolje i najbrže vode k cilju, kemičari se nisu mogli odlučiti u izboru između dviju najvjerojatnijih formula. Kristali penicilina bili su zbog toga podvrgnuti rentgenskoj strukturnoj analizi. U ispitivanje je uzet derivat penicilina — kalijeva i rubidijeva sol benzil-penicilina. Izmjereni su svi interferencijski maksimum i učinjena je projekcija na tri plohe. Raspored atoma na tim projekcijama neosporno je

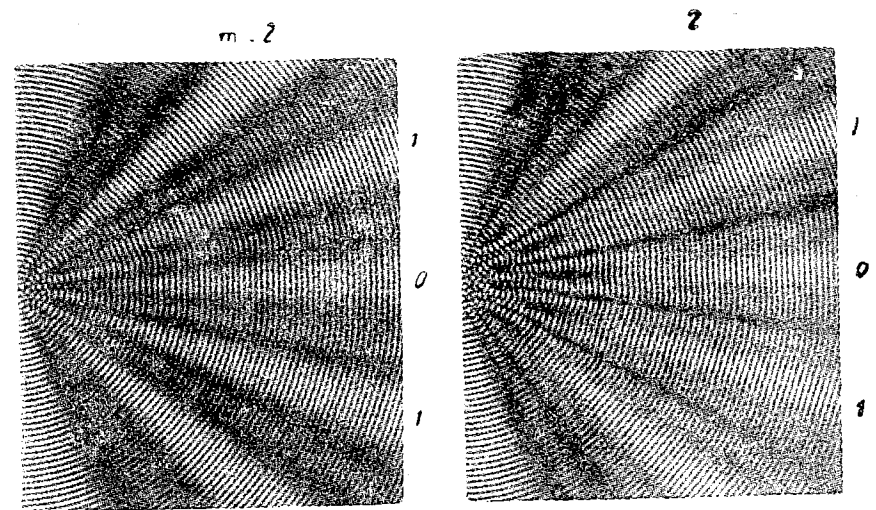
\* Promjena tamnog i svijetlog teče, razumije se, po harmoničkom zakonu, cosinus-funkcijom, što se na reprodukciji točno ne vidi.



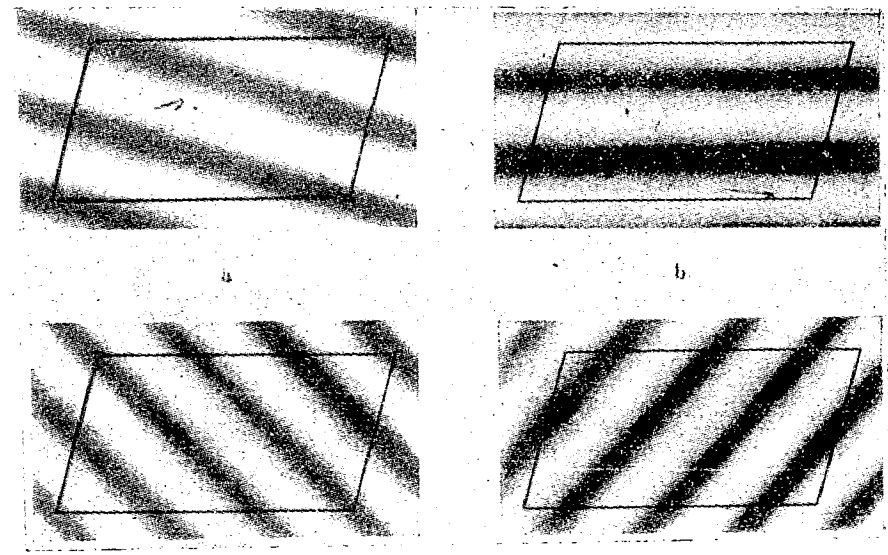
Sl. 1. a) Model ogiba (difrakcije) ravnog vala na uskoj pukotini B; b) Ogib monohromatskog svjetlosnog vala na uskoj pukotini snimljen na fotografskoj ploči (negativ). Obe slike prema R. W. Pohl-u.



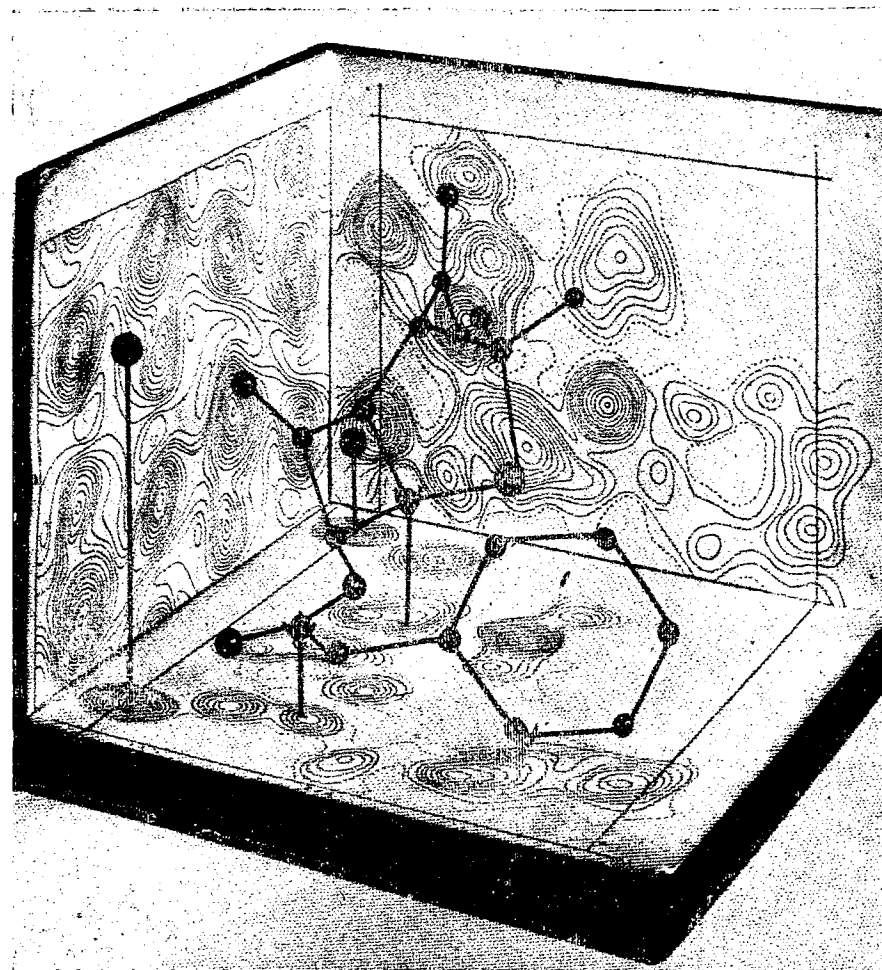
Sl. 15. »Fotografija« kristalne rešetke diopsida (W. L. Bragg). Vidi objašnjenje u tekstu.



Sl. 3. Model ogiba na tri pukotine (lijevo) i četiri pukotine (desno)  
Prema R. W. Pohl-u.



Sl. 16. Raspored amplituda što ih donosi konačnoj slici kristalne rešetke na sl. 15 svaki od uzeta četiri interferenciona maksimuma i to redom s indeksima 102, 002, 302, 301. Sumiranjem osvjetljenja na svakoj točki što ih daju svi interferencioni maksimumi zajedno, njih oko četrdeset, dobije se »fotografija« na slici 15.  
(W. L. Bragg).



Sl. 17. Model molekule benzil penicilina sastavljen od kuglica. Taj je model sastavljen na osnovu projekcija elektronske gustoće dobivene metodama rentgenske strukturne analize. Te tri projekcije pokazane su na slici. Poredaj atoma i struktura molekule tako su definitivno ustanovljeni.

otkrivao pravu strukturu molekule. Dobivenu projekciju funkcije elektronske gustoće u kristalnoj rešetki mogu dati molekule samo sa jednom od predloženih formula. Model molekule kalijevog benzil-penicilina sastavljen od kuglica koje prikazuju atome, zajedno sa sve tri projekcije prikazan je na slici 17. Svakom atomu u molekuli točno je određen položaj. Njihova međusobna povezanost u molekuli kao i njihovi razmaci utvrđeni su bez svake sumnje. Rentgenska strukturna analiza riješila je dilemu kemičara i olakšala napore oko sinteze te važne tvari.

Moderna nauka nema boljeg mikroskopa, nema mikroskopa veće moći povećavanja i razlučivanja, nego što je to rentgenska strukturna analiza. Vidjeli smo, da naziv »supermikroskop« za rentgensku strukturnu analizu nije samo slikovita poredba već on ima svoj unutarnji razlog. Rentgenska strukturna analiza u stvari je onaj matematički »optički sistem« za rentgenske zrake koji radi na istom principu kao i obični i elektronski mikroskop. Genijalna je bila ideja slavnog engleskog fizičara Bragga da Abbe-ovu teoriju postanka slike u mikroskopu primijeni na pojavu interferencije rentgenskih zraka na kristalima. Tako je nastala metoda koja je donijela bogate plodove. Ona je omogućila da se eksperimentalnim putem stekne uvid u carstvo kristalne i molekularne građe u stepenu u kom to nijedan mikroskop, nijedna metoda nije postigla.

#### *Bilješka*

Abbe-ovu teoriju postanka slike u mikroskopu prvi je matematski obradio A. B. P o r t e r. Njegova je radnja izašla 1906. god. u časopisu »The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science« (ser. 6., vol. 11., str. 154.). Vrlo je jasno i lako pisana i može se smatrati najboljim prikazom Abbe-ove teorije.

Porterovu radnju kao i njegov prikaz uzeo je W. H. B r a g g kao bazu za primjenu Fourierove metode u rentgenskoj strukturnoj analizi. Temeljni opis te metode u tu svrhu primijenjene daje W. L. B r a g g (sin) god. 1929. u časopisu »Zeitschrift für

Kristallographie« (vol. 70., str. 475.). Na istom mjestu opisana je i prvi puta fotografska metoda Fourierove sinteze. Otuda su uzete i slike za naš članak.

Sve metode rentgenske strukturne analize opisane su u različitim specijalnim knjigama. Spominjemo: C. W. Bunn, Chemical Crystallography, Oxford 1946. Iz te knjige uzete su i neke slike za ovaj članak.

Klasične eksperimente i teoriju o ogibu i interferenciji svjetlosti naći će čitaoci opisane u raznim udžbenicima optike. Od novijih knjiga osobito se ističu: R. W. Pohl, Einführung in die Optik, Berlin 1943, te G. S. Landsberg, Optika, Moskva, Lenjingrad 1947. Iz Pohl-ove knjige uzete su i neke slike za ovaj članak. Prijevod jednog i drugog lijepog udžbenika optike dobro bi došao za unapređenje fizike kod nas.

## S A D R Ź A J

I. UVOD I KALENDAR . . . . .	5
Geografske koordinate zvjezdarnica u Zagrebu . . . . .	6
Astronomski znaci i pokrate . . . . .	6
Podaci o godini 1951. . . . .	7
Kalendar 1951. . . . .	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 1951. . . . .	40
Pojave kod četiriju velikih Jupiterovih satelita 1951. . . . .	41
Položaji četiriju Jupiterovih satelita 1951. . . . .	42
Zvezdano nebo i pojave po mjesecima . . . . .	44
III. TUMAČ EFEMERIDAMA . . . . .	57
Glavni pojmovi sferne astronomije . . . . .	58
Elementi Sunčeva sustava . . . . .	76
Elementi staza Sunčeva sustava . . . . .	78
Podaci o velikim planetima . . . . .	79
Sateliti velikih planeta . . . . .	80
Astronomske konstante i podaci . . . . .	82
Glavni rojevi meteora . . . . .	85
Elementi staza periodičkih kometa . . . . .	86
Upotreba efemerida . . . . .	88
IV. ZVIJEZDE . . . . .	93
Popis zvijezda . . . . .	94
Najbliže zvijezde . . . . .	96
Petnaest najsjajnijih zvijezda . . . . .	98
Zvijezde sa najvećim vlastitim gibanjem . . . . .	99
Zvijezde sa najvećim radijalnim gibanjem . . . . .	100
Petnaest najsjajnijih dvojnih zvijezda . . . . .	101
Ekliptične promjenljive zvijezde . . . . .	102
Minima Algola 1951. . . . .	103
Sjajnije kratkoperiodične promjenljive zvijezde . . . . .	104
Sjajnije dugoperiodične promjenljive zvijezde . . . . .	105
Sjajnije nepravilne promjenljive zvijezde . . . . .	106
Konstante za redukciju 1951. . . . .	107
Srednja mjesta osnovnih zvijezda . . . . .	108
Tumač tablicama o zvijezdama . . . . .	112

V. POMOĆNE TABLICE . . . . .	121
Normalna refrakcija . . . . .	122
Korekcije normalnih refrakcija . . . . .	123
Precesija u deklinaciji . . . . .	124
Precesija u rektascenziji . . . . .	125
Trajanje građanskog sumraka . . . . .	126
Trajanje astronomske sumraka . . . . .	126
Poludnevni luk . . . . .	127
Pretvaranje zvjezdanog vremena u srednje vrijeme . . . . .	128
Pretvaranje srednjeg vremena u zvjezdano vrijeme . . . . .	129
Pretvaranje satova, minuta i sekunda u decimalne dijelove dana . . . . .	130
Depresija horizonta i daljina vida . . . . .	134
Mjere za daljine u astronomiji . . . . .	135
Pretvaranje prividnih veličina u apsolutne . . . . .	135
Pretvaranje razlike veličina u omjer sjaja . . . . .	136
Glavne spektralne linije Sunčeva spektra . . . . .	139
Vremenske zone (sa slikom) . . . . .	140
Geografske koordinate . . . . .	142
Upotreba tablica logaritama, sinusa i tangensa . . . . .	143
Mantise logaritama . . . . .	144
Antilogaritmi . . . . .	146
Prirodni sinusi . . . . .	148
Prirodni tangensi . . . . .	150
Tabele odnosa nekih fizikalnih veličina, mjerenih u raznim sistemima jedinica . . . . .	152
Tumač pomoćnim tablicama . . . . .	162
VI. ČLANCI . . . . .	165
Dr. S. Hondl: Boškovićev stalak . . . . .	167
Prof. N. Abakumov: Geoid . . . . .	172
Dr. D. Blanuša: Problemi kozmologije i kozmogonije . . . . .	183
D. Grdenić: Rentgenska strukturna analiza kao najmoćniji teleskop . . . . .	216