

68

CONTRIBUTI  
DELL'OSSERVATORIO ASTRONOMICO DI MILANO-MERATE  
a cura del Direttore  
Prof. FRANCESCO ZAGAR

NUOVA SERIE

N. 252

G. DE FAZIO - F. JOB - E. PROVERBIO

PROGRAMMAZIONE DELLE OSSERVAZIONI DI  
STELLE IN MERIDIANO COL METODO DI DÖLLEN  
MEDIANTE CALCOLATORE IBM 1620

Estratto dai *Rendiconti* dell'Istituto Lombardo - Accademia di Scienze e Lettere  
Classe di Scienze (A) - Vol. 100 - 1966

PAVIA  
Tipografia Successori Fusi



1966

CONTRIBUTI  
DELL'OSSERVATORIO ASTRONOMICO DI MILANO-MERATE  
a cura del Direttore  
Prof. FRANCESCO ZAGAR

NUOVA SERIE

N. 252

---

G. DE FAZIO - F. JOB - E. PROVERBIO

PROGRAMMAZIONE DELLE OSSERVAZIONI DI  
STELLE IN MERIDIANO COL METODO DI DÖLLEN  
MEDIANTE CALCOLATORE IBM 1620

Estratto dai *Rendiconti* dell'Istituto Lombardo - Accademia di Scienze e Lettere  
Classe di Scienze (A) - Vol. 100 - 1966

PAVIA  
Tipografia Successori Fusi



1966

PROGRAMMAZIONE DELLE OSSERVAZIONI DI STELLE  
 IN MERIDIANO COL METODO DI DÖLLEN  
 MEDIANTE CALCOLATORE IBM 1620

Nota di GIOVANNI DE FAZIO, FRANCESCO JOB, EDOARDO PROVERBIO

Presentata dal m. e. Francesco Zagar  
 (Adunanza del 17 febbraio 1966)

SUMMARY. — Taking occasion of the beginning of the Longitudes difference enterprise between astronomical Observatories, two programs for reduction of the time determination carried out with Döllén's method have been prepared.

The Döllén's method adapted for meridian observations and the principal logical passages of the two foregoing programs are briefly described.

The first program (RID 3) is utilised for the determination of the stellar quantities variable on the very long periods, the second for the computations of the clock correction and instrumental azimuth.

A practical exemple of reduction is carried out with the electronic computer IBM 1620 of the Brera Observatory.

### 1. - Il metodo di riduzione.

La determinazione del tempo mediante l'osservazione dei passaggi stellari al cerchio verticale di una stella circumpolare ed a quello di una stella equatoriale costituisce, come è noto, il metodo di Döllén [1].

Nell'ipotesi che il cerchio verticale al quale sono riferite le osservazioni sia lo stesso e coincida con l'equatore dell'asse orizzontale dello strumento, i calcoli di riduzione per la determinazione del tempo possono essere effettuati utilizzando la relazione approssimata,

$$(1) \quad \Delta t = \alpha_i - T_i + \frac{\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \delta_i}{\operatorname{tg} \delta_j - \operatorname{tg} \delta_i^*} [(\alpha_j - T_j) - (\alpha_i - T_i)] - i^* \operatorname{sec} \varphi$$

valida per culminazioni superiori delle stelle  $j$  e  $i$  nella quale  $i$  sim-

boli sono quelli usualmente utilizzati ( $i^*$  è l'inclinazione media strumentale rilevata durante l'osservazione delle due stelle e  $\varphi$  è la latitudine convenzionale del luogo di osservazione).

La (1) è valida quando l'azimut strumentale risulti sufficientemente piccolo, cioè in pratica per osservazioni meridiane. In tal caso anzi la (1) si può considerare come la combinazione di due equazioni di Mayer, mediante eliminazione del termine contenente l'azimut strumentale.

Prendendo lo spunto da quest'ultima considerazione è stata recentemente messa in evidenza l'opportunità e l'utilità che, in determinate circostanze, nei programmi meridani per la determinazione del tempo venga utilizzato il metodo di Döllen [2].

In particolare questo metodo di osservazione presenta indiscutibili vantaggi nella determinazione di differenze di Longitudine tra due o più osservatori.

Presso l'Osservatorio di Brera è stato messo a punto un programma generale basato sull'osservazione di coppie di stelle di Döllen in meridiano. Con il 1966 in occasione dell'inizio della campagna di determinazione delle differenze di Longitudine tra gli Osservatori Astronomici, l'osservazione del programma di Döllen verrà regolarmente effettuata parallelamente all'osservazione del normale programma stellare in meridiano basato invece sulla formula di Mayer.

Al fine di rendere possibile la pratica riduzione del materiale di osservazione per gli Osservatori Astronomici che partecipano alla Campagna delle Longitudini e che utilizzano il programma di Döllen, i calcoli di riduzione sono stati programmati per l'impiego di un calcolatore elettronico IBM 1620.

Poichè nella pratica la scala di tempo impiegata è la scala di T.U., la (1) non può essere direttamente utilizzata nel programma di riduzione.

La formula utilizzata per la programmazione in linguaggio Fortran I della correzione  $\Delta t$  dell'orologio a quarzo a tempo medio risulta

$$(2) \quad \Delta t = \bar{\alpha}_i - T_i + A_D A_{\alpha-T} - i^* \sec \varphi - b + \lambda,$$

dove

$$\bar{\alpha} = \alpha_0 - B(\alpha_0 - b + \lambda),$$

$$\alpha_0 = \alpha + Ab + (d\psi D\psi + d\varepsilon D\varepsilon).$$

In questa ultima, l'ultimo termine a destra rappresenta la correzione all'A.R. apparente della stella  $\alpha$  per i termini a corto periodo della mutazione, mentre  $Ab$  è la correzione per l'aberrazione diurna ed il semicontatto e passamorto del micrometro. Nella precedente invece  $\lambda$  è la longitudine convenzionale,  $b$  è il valore del tempo siderale alle  $O^h$  di T.U. della data, cioè il cosiddetto intervallo siderale, e infine la costante  $B = 2.7304336 \cdot 10^{-3}$  rappresenta il valore della riduzione siderale, per il passaggio dal tempo siderale al tempo medio, espresso in giorni.

Nella (2), nel termine

$$\Delta_{a-T} = (\alpha_j - T_j) - (\alpha_i - T_i),$$

e nel coefficiente

$$A_D = \pm \frac{\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \delta_i}{\operatorname{tg} \delta_j \mp \operatorname{tg} \delta_i}, \quad \left( \begin{array}{l} \text{segno super. per culm. sup.} \\ \text{segno infer. per culm. inf.} \end{array} \right)$$

gli indici  $j$  ed  $i$  si riferiscono rispettivamente alla stella di riferimento (la polare nel metodo classico di Döllén) ed alla stella *oraria* (zenitale od equatoriale) per ciascuna coppia del programma.

Il programma di riduzione prevede inoltre, al fine di permettere ricerche accessorie basate sulla conoscenza dell'azimut strumentale, il calcolo dell'azimut strumentale  $a_{ij}$  ottenuto dall'osservazione di ogni singola coppia.

Le formule di riduzione utilizzate sono in questo caso:

$$(3) \quad a_{ij} = i^* \operatorname{tg} \varphi - Z_D \Delta_{a-T},$$

dove

$$Z_D = \pm \frac{\sec \varphi}{\operatorname{tg} \delta_j \mp \operatorname{tg} \delta_i}. \quad \left( \begin{array}{l} \text{segno super. per culm. sup.} \\ \text{segno infer. per culm. inf.} \end{array} \right)$$

Per il calcolo delle (2) e delle (3) è innanzi tutto necessario disporre di quantità, costanti per periodi più o meno lunghi di tempo (uno o due anni) dipendenti essenzialmente dalle coordinate equatoriali delle stelle e delle costanti strumentali.

Il calcolo di queste ultime, cioè della quantità  $A_D$ ,  $Z_D$ ,

$$Ab_{i,j} = \begin{cases} AS \sec \delta. & (AS \text{ per culm. s.}) \\ AI \sec \delta. & (AI \text{ per culm. i.}) \end{cases}$$

e dei coefficienti dei termini a corto periodo della nutazione,

$$D\psi_{i,j} = \frac{1}{15} (\cos \varepsilon + \sin \alpha \operatorname{tg} \delta \sin \varepsilon),$$

$$D\varepsilon_{i,j} = -\frac{1}{15} \cos \alpha \operatorname{tg} \delta,$$

viene effettuato mediante un programma preliminare (RID 3) che fornisce il valore delle costanti stesse su nastro perforato per ciascuno dei 24 gruppi di stelle del programma di Döllen.

## 2. - La programmazione dei calcoli.

Lo schema generale del procedimento di calcolo è fornito dall'organigramma di Fig. 1. L'organigramma di Fig. 2 rappresenta invece l'insieme delle operazioni a livello istruzioni macchina del programma preliminare RID 3. Nel programma, che viene usato, come si è accennato, per i calcoli di riduzione degli Osservatori partecipanti alla Campagna delle Longitudini, è previsto un apposito codice per la scelta della coppia di coordinate geografiche di ciascuno degli Osservatori interessati.

I dati di ingresso ed uscita di questo programma risultano, quindi,

$\alpha_{i,j}, \delta_{i,j}$	(coppie di posizioni medie per l'anno),	] (dati di ingresso)
$\varepsilon$	(obliquità media dell'eclittica per l'anno),	
$\varphi_k, \lambda_k$	(coordinate geografiche dell'Osservatorio $k$ ),	
$AS_k, AI_k$	(costanti di aberrazione e strumentali),	
$A_D, Z_D$	(costanti delle coppie),	] (dati di uscita) (su nastro)
$D\psi_{i,j}, D\varepsilon_{i,j}$	(costanti per ciascuna stella),	
$Ab_{i,j}$ ,	(costante per ciascuna stella),	
$\lambda_k, \sec \varphi_k, \operatorname{tg} \varphi_k$		

Inoltre nel programma RID 3 e nel programma Döllen sono previsti i seguenti numeri che interessano la logica dei programmi,

$N_c$	(numero di coppie da elaborare),
$N_{mc}$	(numero macchina di ciascuna coppia),
$N_{ms}$	(numero macchina di ciascuna stella).

I numeri macchina di tutte le stelle del programma sono costituite da tre cifre ( $abc$ ), ciascuna delle quali costituisce un particolare codice logico che permette al calcolatore di effettuare determinate scelte.

Il significato di questo codice è il seguente

- (a ) 1, 2, ..., 8 (numero di coppia all'interno di ciascun gruppo).
- ( b ) 1 (stella  $i$ )  
2 (stella  $j$ )
- ( c ) 1 (culminazione superiore)  
2 (culminazione inferiore)

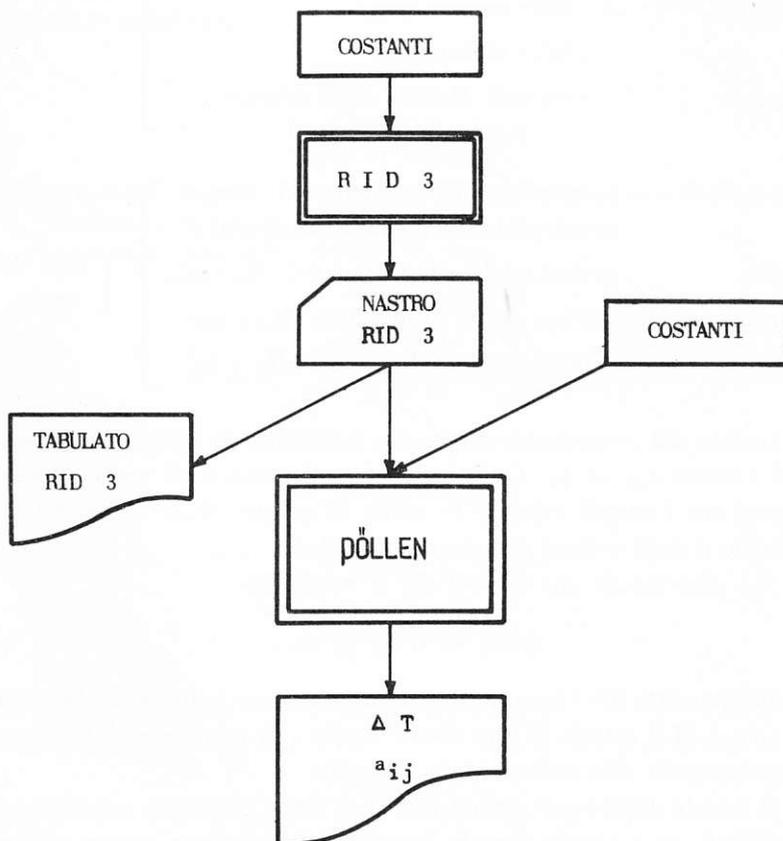


Fig. 1

L'organigramma di Fig. 3 rappresenta infine, sempre a livello istruzioni macchina, il susseguirsi delle varie operazioni: di introduzione dati, di controllo, di calcolo, e di uscita dei dati su T.W.

In questo caso i dati di ingresso (introdotti da nastro (RID 3) o da T.W.) ed uscita sono costituiti da:

$A_D, Z_D$ $D\psi_{i,j}, D\varepsilon_{i,j}$ $Ab_{i,j}$ $\lambda_k, \sec\varphi_k, \operatorname{tg}\varphi_k$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\}$	(dal programma RID 3)	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\}$	(dati di ingresso)
$T_{i,j}, \dot{t}_{i,j}$ $\alpha_{i,j}$ $b, d\psi, d\varepsilon$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\}$	(dalle osservazioni) (dalle effemeridi) (costanti diurne: dagli annuari)	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\}$	
$\Delta t_{ij}, a_{ij}$ $\overline{\Delta t}_{ij}, \bar{a}_{ij}$ $e_{\Delta t}, e_a$ $\bar{e}'_{\Delta t}, \bar{e}'_a$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\}$	(correzione dell'orologio ed azimut strumentale (per ciascuna coppia)) (valori medi per gruppo dei $\Delta t_{ij}$ e $a_{ij}$ ) (errore medio di ciascuna $\Delta t_{ij}$ e $a_{ij}$ ) (errore medio delle medie $\overline{\Delta t}_{ij}$ e $\bar{a}_{ij}$ )	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\}$	(dati di uscita)

Inoltre dal programma stesso sono introdotte la costante universale  $B$  ed i valori  $\varepsilon_{\Delta t}$  ed  $\varepsilon_a$ . Questi ultimi costituiscono gli scarti massimi ammessi tra i singoli valori e le medie di gruppo delle correzioni dell'orologio e degli azimut strumentali calcolati.

Nel caso infatti che si verifichi la condizione

$$|\Delta t_{ij} - \overline{\Delta t}_{ij}| \geq \varepsilon_{\Delta t},$$

ed analogamente per l'azimut, il programma prevede lo scarto dei valori  $\Delta t_{ij}$  (o  $a_{ij}$ ) ed il calcolo di una nuova media e di nuovi scarti, sottoposti successivamente allo stesso test di controllo.

Il calcolo degli errori quadratici medi viene effettuato considerando ciascun  $\Delta t_{ij}$  (o  $a_{ij}$ ) come contato due volte per ciascuna coppia; in tale ipotesi, chiamando  $r_{\Delta t, a}$  gli scarti calcolati inferiori a  $\varepsilon_{\Delta t, a}$ , si ha

$$e_{\Delta t, a} = \sqrt{\frac{2 \sum_{N_c} r^2}{2 N_c - 1}},$$
$$\bar{e}_{\Delta t, a} = \frac{e_{\Delta t, a}}{\sqrt{2 N_c}}.$$

In Fig. 4 viene riportato un breve esempio di calcolo di riduzione. I dati osservati dell'esempio sono stati ottenuti in una delle prove preliminari, prima dell'inizio della Campagna delle Longitudini effettuate per la verifica del programma generale di osservazione.

L'Osservatorio di Brera sarà lieto di mettere a disposizione di coloro che sono interessati all'impiego del metodo di Döllén l'intero programma di riduzione.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] NIETHAMMER TH., *Die Genauen Methoden der Astronomisch-Geographischen Ortsbestimmung*. Basel, 1947.
- [2] PROVERBIO E., Mem. SAIt, XXXVI (4), 1965.

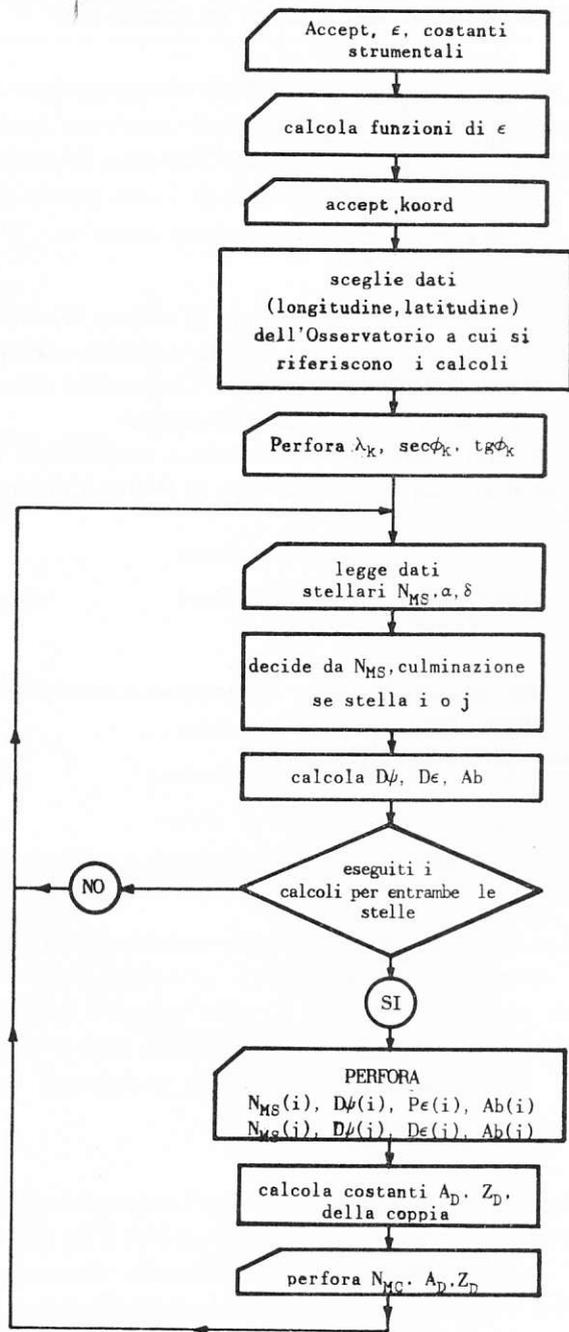


Fig. 2.

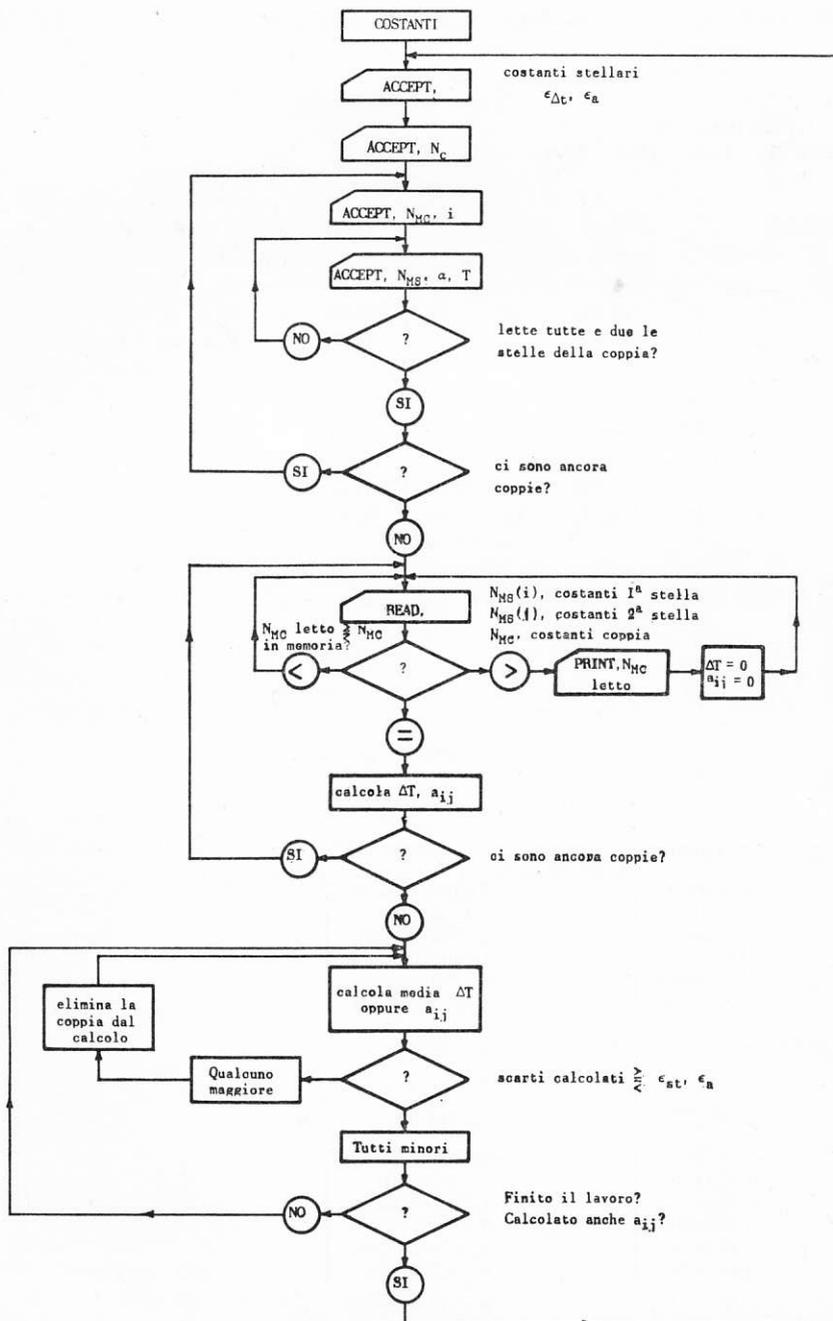


Fig. 3.

DOELLEN

15 DICEMBRE 1965

GRUPPI 11.2 12.1 12.2

20025.285		.093	.102	.100	.200	#	$b$	$d\psi$	$d\varepsilon$	$\varepsilon_{\Delta t}$	$\varepsilon_a$
6	#						$N_c$				
1	— .061	#					$N_{mc}$	$i^*$			
12	2.	11.	19.580	19.	57.	31.680	#	$N_{ms}$	$\alpha_i$	$T_i$	
11	2.	11.	11.354	19.	57.	24.690	#	$N_{ms}$	$\alpha_j$	$T_j$	
3	— .065	#									
32	2.	26.	09.685	20.	12.	20.118	#				
31	2.	26.	20.624	20.	12.	31.436	#				
5	— .045	#									
52	2.	41.	51.789	20.	27.	59.083	#				
51	2.	42.	30.211	20.	28.	38.819	#				
12	— .028	#									
122	3.	42.	52.622	21.	28.	50.094	#				
121	3.	42.	46.839	21.	28.	45.352	#				
13	— .030	#									
132	3.	50.	57.204	21.	36.	52.534	#				
131	3.	51.	28.505	21.	37.	25.686	#				
15	— .051	#									
152	1.	49.	58.404	19.	36.	14.063	#				
151	1.	49.	46.583	19.	36.	03.734	#				

6	$N_c$	— .17450000	$\bar{\Delta t}$	.10000000	$\varepsilon_{\Delta t}$
1	— .12400000	] $\Delta t_{ij}$		5.0500000E-02	] $\bar{\Delta t} - \Delta t_{ij}$
3	— .19900000			— 2.4500000E-02	
5	— .24000000			— 6.5500000E-02	
12	— .18500000			— 1.0500000E-02	
13	— .12900000			4.5500000E-02	
15	— .17000000			4.5000000E-03	
4.1868846E-02	$e_{\Delta t}$		1.2086495E-02	$\bar{e}_{\Delta t}$	
0					
6	— 1.5457527	$\bar{a}_{ij}$	.20000000	$\varepsilon_a$	
1	— 1.6453217	] $a_{ij}$		— 9.9569000E-02	] $\bar{a}_{ij} - a_{ij}$
3	— 1.4371550			.10859770	
5	— 1.4724901			7.3262600E-02	
12	— 1.5766552			— 3.0902500E-02	
13	— 1.6284091			— 8.2656400E-02	
15	— 1.5144852			3.1267500E-2	
8.0723502E-02	$e_a$		2.3302868E-02	$\bar{e}_a$	
0					

Fig. 4.

# CONTRIBUTI DELL'OSSERVATORIO ASTRONOMICICO DI MILANO-MERATE

## NUOVA SERIE

201. F. ZAGAR - L'osservatorio di Milano nella storia.
202. M. HACK - Absolute Magnitudes of *O*-type stars.
203. G. DE MOTTONI - Il nuovo riflettore di 1,37 m dell'Osservatorio di Merate.
204. M. FRACASSINI - The solution of the van de Hulst's integral equations for computing electron density of the solar corona.
205. M. HACK - The shell spectrum of *W* Serpentis.
206. A. GÖKGÖZ, M. HACK, I. KENDIR - Study of the spectrum  $\zeta$  Tauri in 1960.
207. J. O. FLECKENSTEIN - Boscovich als Mithegründer der sphärischen Trigonometrie.
208. A. MASANI - The propagation of shock waves in the inside of Stars-II.
209. F. ZAGAR - Galileo Astronomo.
210. E. PROVERBIO - Condizioni per la determinazione della costante micrometrica per mezzo di coppie stellari fondamentali.
211. A. MASOTTI - Sopra alcuni cimeli bibliografici della Specola braidense.
212. A. FRACASSINI - The solution of the van de Hulst's integral equations for computing electron density of the solar corona: general solutions, applications and fortran programming for the IBM 1620 computer.
213. E. PROVERBIO - Determinazione fotografica di precisi istanti dei contatti durante la eclisse totale di Sole del 15 febbraio 1961.
214. G. DE MOTTONI - Considerazioni sulla collaborazione internazionale nello studio fotografico del Pianete Marte.
215. M. HACK e L. PASINETTI - Quantitative analysis of the Hydrogen - poor star  $\gamma$  Sa-gittarii
216. A. MASANI - Sui recenti sviluppi della teoria delle stelle variabili.
217. M. FRACASSINI e M. HACK - Intensities, polarization and electron density of the solar corona during the total solar eclipse of 1961, february 15: (final results) paper II.
218. R. FARAGGIANA e M. HACK - The magnetic star  $\gamma$  Equulei.
219. E. PROVERBIO - La variazione della latitudine di Milano (Brera) nel periodo 1960. 1-1961.3.
220. E. PROVERBIO - Sul problema della determinazione dell'azimut strumentale meridiano.
221. R. STAMPACCHIA e M. HACK - Results obtained from the 1961-62 eclipse of 31 Cygni.
222. P. BROGLIA - The ultrashort period variable *SZ* Lyncis.
223. A. PASINETTI e L. PASINETTI - The problem of ionizing radiations in space flight.
224. E. PROVERBIO - Possibilità della misura di distanze nel campo topografico con metodi ottici.
225. T. TAMBURINI - Studio spettrofotometrico di 56 Arietis.
226. P. BROGLIA - Light curves variations and elements of *CW* Cassiopeiae.
227. A. MASANI e G. SILVESTRO - Energy Spectrum of Neutrinos Produced in  $e^+$ ,  $e^-$  Pair annihilation.
228. M. FRACASSINI e L. E. PASINETTI - Study of  $\epsilon$  Del: Reduction and Elaboration of the observations by the electronic computer *IBM* 1620.
229. E. PROVERBIO - Riduzione degli errori sistematici nelle osservazioni meridiane di tempo e di longitudine.
230. E. PROVERBIO - Sulla determinazione di differenze di longitudine per scopi geodetici.

(Continua in *IV* di copertina)

231. E. PROVERBIO - Osservazioni sulla propagazione di segnali orari su 2.500 e 5.000 Mc/s durante l'eclisse totale di Sole del 15 febbraio 1961.
232. R. FARAGGIANA - Quantitative analysis of  $\gamma$  Capricorni.
233. A. MASANI - La produzione di neutrini nei piani ad altissima temperatura.
234. E. PROVERBIO - Ricerche sulla marcia e sulla deriva di campioni di frequenza a quarzo.
235. E. PROVERBIO - Sur la détermination du facteur de qualité du Système Balancier - Spiral d'un oscillateur mécanique.
236. M. FRACASSINI e L. PASINETTI - Teorie e problemi attuali sulle variazioni della brillantezza della luce zodiacale (L. Z.) e anti solare (A. S.) e delle emissioni del cielo notturno (airglow) in relazione al ciclo solare e lunare.
237. A. MASANI, R. GALLINO, G. SILVESTRO - Neutrino Emission of Massive Star Evolutions, in the Late Stages.
238. R. FARAGGIANA, A. GÖKGÖZ, M. HACK, I. KENDIR - Spectrographic Observations of the 1962 Eclipses of 32 Cygni.
239. C. DE CONCINI - E. PROVERBIO - Determinazione unilaterale della differenza di longitudine tra Milano (Brera) e Solferino e valutazione critica dei metodi di riduzione.
240. E. PROVERBIO - Sulla determinazione delle variazioni della curvatura media di una livella e delle irregolarità di curvatura.
241. E. PROVERBIO - Determinazione degli errori progressivi e del passo della vite micrometrica di un micrometro di latitudine con stelle a bassa declinazione.
242. E. PROVERBIO - Sulla determinazione dell'equazione personale mediante osservazioni di passaggi di meridiano.
243. E. PROVERBIO - Sulla determinazione astronomica del tempo e sull'impiego del metodo di Döllner in meridiano in determinazioni di elevata precisione.
244. E. PROVERBIO - F. CHLISTOVSKY - Sulle variazioni a corto periodo della velocità di rotazione della terra.
245. A. MASANI, R. GALLINO, G. SILVESTRO - L'astronomia del neutrino.
246. E. PROVERBIO, L. MARTINENGGI - Programmi di riduzione su calcolatore elettronico delle Osservazioni Astronomiche di Tempo e di Azimut.
247. E. PROVERBIO - Amplificateur de temps et dispositifs de comparaison des pendules astronomiques de précision très élevée.
248. F. ZAGAR - Astronomia classica e Meccanica celeste.
249. E. PROVERBIO - Sulla riduzione delle osservazioni fotografiche di eclissi solari in vista di applicazioni astrometriche e geodetiche di elevata precisione.
250. A. MANARA - La strumentazione dell'Osservatorio di Brera in Milano per l'inseguimento ottico dei satelliti artificiali.
251. L. SANTOMAURO - L'applicazione dell'Astrodinamica allo studio dell'alta atmosfera.