

43 ✓

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

NUOVA SERIE

N. 220

EDOARDO PROVERBIO

SUL PROBLEMA DELLA DETERMINAZIONE
DELL'AZIMUT STRUMENTALE MERIDIANO

Estratto dai *Rendiconti* dell'Istituto Lombardo - Accademia di Scienze e Lettere
Classe di Scienze (A) - Vol. 97, 1963

PAVIA
Tipografia Successori Fusi
1963

CONTRIBUTI
DELL'OSSERVATORIO ASTRONOMICO DI MILANO-MERATE

a cura del Direttore

Prof. FRANCESCO ZAGAR

NUOVA SERIE

N. 220

EDOARDO PROVERBIO

SUL PROBLEMA DELLA DETERMINAZIONE
DELL'AZIMUT STRUMENTALE MERIDIANO

Estratto dai *Rendiconti* dell'Istituto Lombardo - Accademia di Scienze e Lettere
Classe di Scienze (A) - Vol. 97, 1963

PAVIA
Tipografia Successori Fusi
1963

SUL PROBLEMA DELLA DETERMINAZIONE DELL'AZIMUT STRUMENTALE MERIDIANO

Nota di EDOARDO PROVERBIO

Presentata dal m. e. Francesco Zagar

(Adunanza del 27 giugno 1963)

Summary. — The determination of correct azimuth from astronomical meridian observations in regard to influence of observation errors and right ascension corrections is considered.

The dependence of declinations of the reference stars from latitude and mean declination of complementary stars is noticed.

Particularly, for the fundamental program utilised to the time service of the Brera Observatory, observation of equatorial and lower culmination polar stars turn out very suitable.

1. - In un precedente lavoro ho esaminato il problema della determinazione dell'azimut strumentale per uno strumento meridiano (¹) dimostrando che, formalmente, il metodo di riduzione che consente di ottenere una maggiore precisione è il cosiddetto metodo della polare. Da un punto di vista più generale però la stella (o le stelle) di *riferimento* può essere comunque scelta. Sorge quindi spontanea la domanda se, sotto date condizioni, questa stella debba essere necessariamente, come raccomanda generalmente la letteratura, scelta tra quelle di declinazione elevata.

L'azimut strumentale si ottiene per uno strumento in meridiano dalla relazione nota

$$x_i = \frac{l_0 - l_i}{K_0 - K_i},$$

in cui l'indice *o* caratterizza la stella di riferimento (polare), l'indice *i* un'altra qualsiasi stella (stella complementare).

Poichè l si può ritenere ai nostri fini unicamente funzione di a e dell'istante t del passaggio in meridiano, l'errore medio dx dell'azimut è dato dalla quantità

$$(1) \quad dx^2 = \frac{1}{(K_0 - K_1)^2} (d\alpha_0^2 + da_1^2 + dt_0^2 + dt_1^2),$$

e potrebbe quindi essere calcolato in funzione degli errori da e dt . Quest'ultimo, secondo Albrecht, può essere messo sotto la forma

$$(2) \quad dt^2 = a^2 + b^2 \sec^2 \delta,$$

dove δ è la declinazione della stella ed a e b sono delle costanti.

Per quanto riguarda l'errore da , esso dipende sostanzialmente dalla poca precisione con cui sono conosciute le ascensioni rette stellari. Possiamo quindi considerare tale errore come l'insieme degli errori sistematici ed accidentali dei cataloghi utilizzati. L'andamento generale di tali errori risulta crescente in funzione della declinazione e per le declinazioni elevate può essere posto in generale proporzionale al quadrato di $\sec \delta$. Possiamo quindi ammettere valida anche per questo errore una relazione del tipo

$$(2') \quad d\alpha^2 = \alpha^2 + \beta^2 \sec^2 \delta.$$

Sotto tali ipotesi la (1) esplicitando anche il valore del coefficiente K si può scrivere

$$(1') \quad dx_i^2 = \frac{\sec^2 \varphi}{(\text{tang } \delta_i \mp \text{tang } \delta_0)^2} [A + B (\text{tang}^2 \delta_0 + \text{tang}^2 \delta_i)],$$

nella quale

$$A = 2 (\alpha^2 + \beta^2 + a^2 + b^2),$$

$$B = \beta^2 + b^2,$$

il segno negativo essendo riferito alla culminazione superiore della stella di riferimento, quello positivo alla culminazione inferiore.

2. - Il calcolo dei coefficienti a e b è stato effettuato sulla base degli errori interni relativi ad ogni singola stella osservata nelle determinazioni di tempo effettuate all'Osservatorio di Brera. Dai dati relativi a qualche centinaio di stelle osservate durante l'AGI si è trovato che la (2) assume la forma

$$dt^2 = (0^s.0096)^2 + (0^s.0038 \sec \delta)^2. \quad (\text{in media } 24 \text{ (int. all.)})$$

Il rapporto a/b eguale a 2,5 si accorda abbastanza bene con i valori trovati da altri ricercatori (compresi in genere tra 1 e 2,5).

Il calcolo dei coefficienti della (2') è stato invece eseguito prendendo in considerazione le correzioni $\Delta\alpha_a$ del FK3 per l'epoca 1958.0 trovate da A. A. Nemiro e N. N. Pavlov (2). I valori presi in considerazione sono la media delle correzioni relative a 6 e 12 ore di tempo siderale e corrispondono alla massima ampiezza degli errori stessi. La tabella I fornisce in funzione di δ i valori di $d\alpha^2$ considerati. Con questi valori i coefficienti della (2') risultano

$$\alpha^2 = -0^s,141.10^{-3}, \quad \beta^2 = +0^s,106.10^{-3}.$$

Gli scarti $O - C$ tra i valori osservati e calcolati di $d\alpha^2$ utilizzando la (2'), dati nell'ultima colonna della tabella I, mettono in evidenza la presenza di una componente di tipo sinusoidale la cui ampiezza si mantiene in valore relativo sufficientemente piccola soprattutto nelle declinazioni elevate, il che dimostra che in particolare per queste declinazioni la (2') risulta di discreta approssimazione.

3. - Con i valori in precedenza trovati la (1') si può scrivere

$$(1'') \quad dx_i^2 \cos^2 \varphi = \frac{10^{-4}}{(\text{tang } \delta_i \mp \text{tang } \delta_0)^2} [1^s,52 + 1^s,20 (\text{tang}^2 \delta_0 + \text{tang}^2 \delta_i)],$$

e permette di ricavare in funzione di δ_0 e δ_i il valore dell'errore $dx_i^2 \cos^2 \varphi$.

Questi ultimi sono stati calcolati per δ_i variabile di 5 in 5 gradi e per numerosi valori di δ_0 e sono dati nella tabella II in unità di 10^{-4} s. Le ultime due colonne della tabella si riferiscono a valori di δ_0 in culminazione inferiore.

Per dare maggiore significato pratico ai valori della tabella II consideriamo il caso in cui la stella o le stelle complementari siano formate da stelle quasi zenitali, allora la declinazione media del gruppo δ_i può essere posta eguale alla latitudine φ , e la tabella può fornire quindi direttamente l'andamento quantitativo dell'errore $dx_i^2 \cos^2 \varphi$ in funzione della declinazione della stella di riferimento δ_0 .

In ogni caso la tabella mostra che se la stella od il gruppo complementare sono scelti a bassa declinazione è più conveniente utilizzare come stella di riferimento una stella ad alta declinazione e viceversa.

Per declinazioni medie δ_1 attorno ai 50° l'errore $dx_1^2 \cos^2 \varphi$ risulta dello stesso ordine usando indifferentemente stelle di riferimento equatoriali o polari.

TABELLA I

δ	$d\alpha^2$	(O - C)
	10^{-3}	10^{-6}
+ 10	0.004	+ 36
+ 35	0.036	+ 9
+ 45	0.042	- 25
+ 50	0.049	- 64
+ 52	0.081	- 49
+ 54	0.100	- 64
+ 56	0.156	- 36
+ 58	0.196	- 36
+ 60	0.289	+ 4
+ 62	0.361	+ 16
+ 64	0.420	+ 9
+ 66	0.552	+ 49
+ 68	0.650	+ 25
+ 70	0.841	+ 64
+ 72	1.024	+ 49
+ 74	1.296	+ 36
+ 76	1.681	+ 4
+ 78	2.304	- 16
+ 80	3.364	- 25

4. - Un'analisi più dettagliata è stata effettuata considerando il comportamento di dx_1^2 nel caso particolare, valido per il programma fondamentale per la determinazione del tempo all'Osservatorio di Brera, in cui δ_1 medio risulta circa 45° ($\varphi = 45^\circ$). La (1'') diventa in questo caso

$$dx_{45}^2 = \frac{2}{(1 \mp \tan \delta_0)^2} (A + B \sec^2 \delta_0).$$

L'andamento di questa funzione è dato nella figura 1 (curva a tratto continuo), nella quale le ordinate (unità $10^{-4}s$) forniscono i va-

TABELLA II

$\delta_0 \backslash \delta_i$	0°	10°	30°	45°	60°	70°	80°	70°ci	80°ci
0	∞	51.	5.8	2.7	1.6	1.4	1.2	1.4	1.2
5	201.	197.	8.4	3.3	1.8	1.5	1.2	1.3	1.2
10	50.	∞	12.	4.1	2.1	1.6	1.3	1.2	1.1
15	27.	191.	21.	4.9	2.5	1.7	1.3	1.2	1.1
20	12.7	49.	46.	7.1	2.8	1.9	1.4	1.1	1.1
25	7.3	25.	182.	10.	3.4	2.1	1.5	1.1	1.1
30	5.8	12.	∞	17.	4.2	2.3	1.6	1.0	1.0
35	4.6	8.4	193.	37.	5.4	2.6	1.7	1.0	1.0
40	3.4	5.4	11.	137.	7.5	3.1	1.8	0.9	1.0
45	2.8	4.0	9.3	∞	10.	3.8	1.9	0.8	0.9
50	2.3	3.1	8.1	122.	24.	5.1	2.1	0.8	0.9
55	1.9	2.5	5.8	28.	84.	7.3	2.4	0.7	0.8
60	1.7	2.1	4.6	12.	∞	12.	2.8	0.6	0.8
65	1.5	1.8	3.8	6.6	62.	44.	3.7	0.7	0.7
70	1.4	1.6	3.3	3.9	13.	∞	5.8	0.7	0.7
75	1.3	1.4	1.8	2.6	5.3	29.	15.	0.7	0.6
80	1.2	1.3	1.4	2.1	2.8	5.8	∞	0.7	0.6
82	1.2	1.2	1.3	1.6	2.0	2.9	48.	0.8	0.6
85	1.2	1.2	1.3	1.4	1.7	2.2	5.9	0.8	0.7
89	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0

lori di dx_{45}^2 , le ascisse quelli di δ_0 . In questo diagramma il tratto senza discontinuità da $\delta_0 = 0^\circ$ a $\delta_0 = 90^\circ$, rappresenta il ramo delle culminazioni inferiori, quello discontinuo (discontinuità per $\delta_0 = \varphi = 45^\circ$) il ramo delle culminazioni superiori. Da tale diagramma è possibile rilevare:

a) gli errori più piccoli si ottengono osservando stelle di riferimento in culminazione inferiore;

b) l'osservazione di stelle equatoriali può risultare più vantaggiosa dell'osservazione di stelle polari.

La tabella III, nella quale sono dati i valori calcolati del rapporto dx_s^2/dx_e^2 , ove con e si sono indicate le declinazioni delle stelle

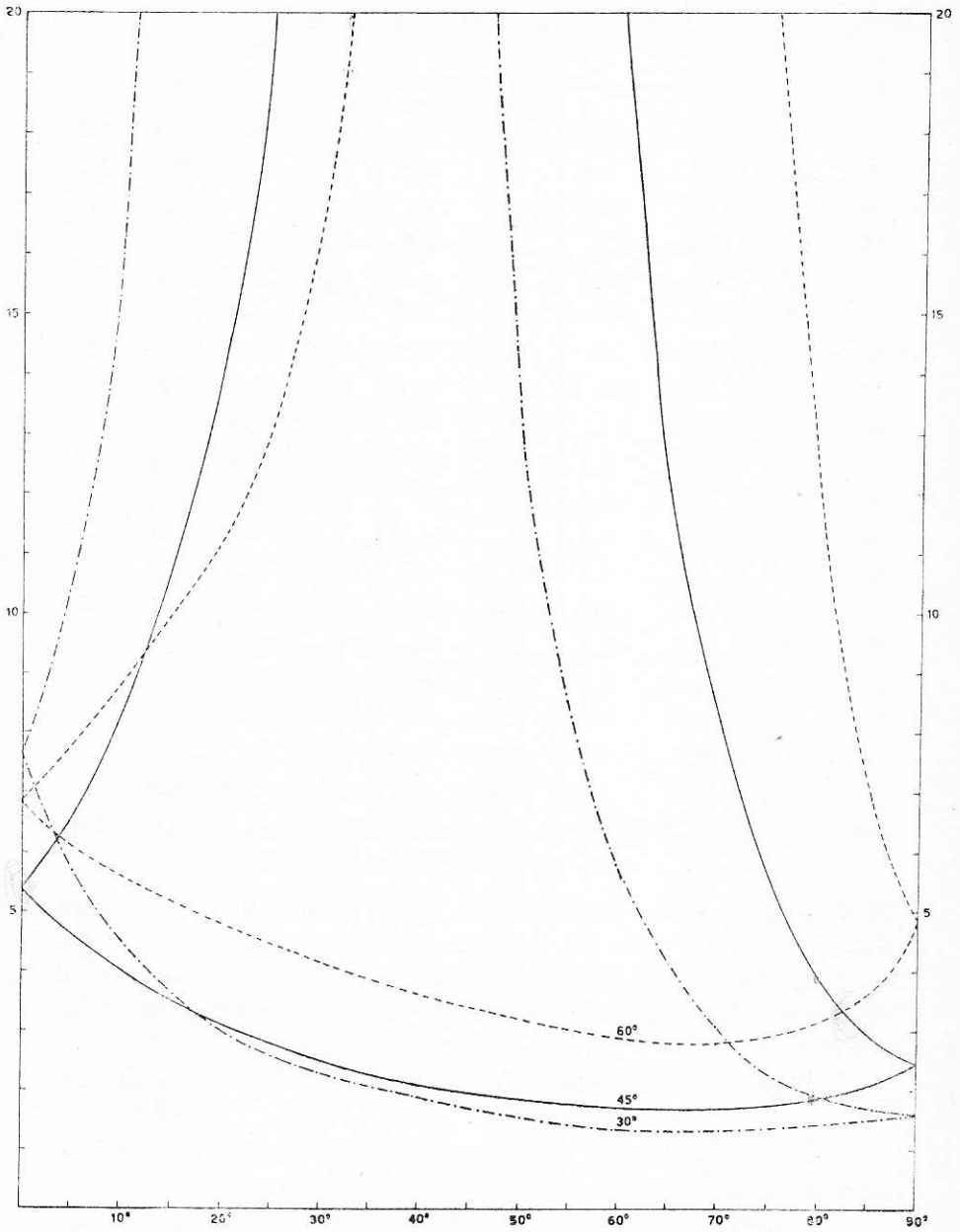


Fig. 1

equatoriali e polari in c.i. e con s le declinazioni delle stelle polari in c.s., permette un utile e pratico confronto relativo. Da essa si rileva ad esempio che una stella di declinazione -20° permette di determinare l'azimut strumentale con una precisione praticamente identica a quella ottenibile con la osservazione della polare UM_i .

TABELLA III

$\begin{matrix} s \\ e \end{matrix}$	$+70^\circ$	$+80^\circ$	$+85^\circ$	$+89^\circ$
$+10^\circ$	1.0	0.5	0.4	0.3
0°	1.5	0.7	0.5	0.5
-10°	2.1	1.0	0.7	0.6
-20°	2.6	1.3	0.9	0.8
$+70^\circ$	4.8	2.3	1.7	1.5
$+80^\circ$	4.3	2.1	1.5	1.3
$+85^\circ$	3.9	1.9	1.4	1.2

Nella figura 1 sono pure dati i diagrammi della funzione dx_1^2 per i valori $i = 60^\circ$ (curva a tratto) e $i = 30^\circ$ (curva a punto e tratto), che pure si prestano ad analoghe considerazioni.

5. - Le conclusioni quantitative di quest'ultima particolare analisi, che si ritiene fondata su ipotesi sufficientemente sicure, non possono essere ovviamente ritenute di validità generale a causa dei diversi valori che possono assumere le quantità a e b rilevabili sperimentalmente, e del fatto che le costanti a e β si riferiscono esclusivamente al FK3. I risultati trovati permettono comunque di trarre interessanti conclusioni e dimostrano l'utilità di analisi analoghe. In modo particolare per quanto riguarda l'Osservatorio di Brera i risultati conseguiti saranno tenuti presenti per una modifica del programma stellare utilizzato per la determinazione dell'azimut strumentale e delle sue variazioni locali e polari (fondato attualmente esclusivamente su osservazioni di stelle di declinazione elevata).

La determinazione precisa dell'azimut con l'osservazione di stelle

equatoriali o polari in c.i. permette inoltre di affrontare nuove ricerche di notevole interesse, in modo particolare:

- a) determinazioni di tempo contemporanee con gruppi stellari azimutali ed equatoriali per ricerche sui cataloghi fondamentali;
- b) ricerche di catalogo con programmi di stelle equatoriali;
- c) ricerche di catalogo con programmi di stelle a declinazione elevata (polari).

Riassunto.

Viene preso in considerazione il problema della precisione della determinazione dell'azimut di uno strumento meridiano in funzione degli errori di osservazione e dei cataloghi stellari. Si ricava che la declinazione della stella (o delle stelle) di riferimento per la determinazione dell'azimut dipende dalla latitudine e dalla declinazione delle stelle complementari.

In particolare per il programma fondamentale di stelle usato nel servizio del tempo dell'Osservatorio di Brera risulta molto conveniente l'utilizzazione di stelle equatoriali e polari in culminazione inferiore.

BIBLIOGRAFIA

- (1) PROVERBIO E., Mem. SAI, XXIX (4), 537, 1958.
- (2) NEMIRO A. A., PAVLOV N. N., AJ USSR, XXXIII, 404, 1956 .

CONTRIBUTI DELL'OSSERVATORIO ASTRONOMICICO DI MILANO-MERATE

NUOVA SERIE

- » 150 - E. PROVERBIO, *La détermination théorique et expérimentale des retards dans la comparaison des signaux horaires.*
- » 151 - A. MASANI, *The early evolutionary phases of stars of small masses.*
- » 152 - M. HACK, *The spectrum of Upsilon Sagittarii.*
- » 153 - E. PROVERBIO, *Determinazioni di ascensioni rette e semidiametri del pianeta Marte.*
- » 154 - E. PROVERBIO, *Il servizio dell'ora all'Osservatorio Astronomico di Brera - Milano.*
- » 155 - P. BROGLIA, *Curve di luce in due colori ed elementi fotometrici della binaria ad eclisse SU Bootis.*
- » 156 - F. ZAGAR, *Nuove prospettive nello studio del sistema solare.*
- » 157 - M. HACK, *Macro e microturbolenza nell'atmosfera di ϵ Aur.*
- » 158 - E. PROVERBIO, *Nuovo studio di un apparecchio esaminatore di livelle.*
- » 159 - M. HACK, *Ricerche sulle stelle A peculiari: Analisi di γ Equulei.*
- » 160 - E. PROVERBIO, *Osservazioni di occultazioni da parte della Luna.*
- » 161 - F. ZAGAR, *Giovanni Schiaparelli nel cinquantenario della morte.*
- » 162 - E. PROVERBIO, *Les signaux de temps et leur utilisation ecc.*
- » 163 - J. O. FLECKENSTEIN, *Il problema della cattura nella cosmogonia delle binarie.*
- » 164 - A. MASANI, *La politropica d'indice 3 e possibili applicazioni ecc.*
- » 165 - P. BROGLIA, *Variazioni delle curve di luce e degli elementi della variabile ad eclisse RZ Comae.*
- » 166 - M. HACK, *Sulla natura del compagno di ϵ Aurigae.*
- » 167 - E. PROVERBIO, *Sul calcolo d'orbita di stelle doppie a lungo periodo tenendo presente la legge delle aree.*
- » 168 - T. TAMBURINI e G. THIESSEN, *On the origin of the slowly variable soft X-ray radiation ecc.*
- » 169 - A. MASOTTI, *Sull'estensione della formula di Lambert al moto apparente delle stelle doppie.*
- » 170 - E. PROVERBIO, *Determinazioni meridiane di ascensioni rette di pianeti esterni.*
- » 171 - E. PROVERBIO, *I micrometri e le livelle dello strumento Ap 100 dell'Osservatorio di Brera.*
- » 172 - T. TAMBURINI e T. THIESSEN, *On the existence of a new polarisation effect in stellar spectral lines.*
- » 173 - M. HACK e M. FRACASSINI, *Studio sulla polarizzazione della corona solare.*
- » 174 - E. L. PASINETTI, *Sulla possibilità dell'impiego di microfotogrammi nello studio della corona solare.*
- » 175 - P. BROGLIA, *Sui periodi di alcune variabili di tipo RR Lyrae.*
- » 176 - F. GULISANO e E. PROVERBIO, *Riduzione delle posizioni apparenti stellari per mezzo di un calcolatore IBM 650.*
- » 177 - P. BROGLIA, *Osservazioni fotoelettriche di due variabili a eclisse.*
- » 178 - E. PROVERBIO, *La misura dei ritardi alla ricezione di segnali orari utilizzati nella determinazione di tempo e di longitudine.*
- » 179 - E. PROVERBIO, *Comparaisons entre étalons atomiques de fréquence.*
- » 180 - F. ZAGAR, *L'attività di R. G. Boscovich a Milano.*
- » 181 - E. PROVERBIO, *Sulla riduzione teorica dei diametri dei pianeti esterni.*
- » 182 - L. E. PASINETTI, *Confronto quantitativo di tre coppie di stelle a righe forti e a righe deboli.*
- » 183 - F. ZAGAR e L. GRATTON, *Emilio Bianchi nel ventennio della morte.*
- » 184 - J. O. FLECKENSTEIN, *Variazioni della latitudine e costante della aberrazione annua 1951/52 nel sistema FK3.*
- » 185 - M. HACK, *A new explanation of the binary system ϵ Aurigae.*
- » 186 - F. ZAGAR, *L'eclisse totale di Sole del 15 febbraio 1961.*
- » 187 - F. ZAGAR, *Sulle perturbazioni orbitali di un satellite terrestre artificiale.*
- » 188 - A. PASINETTI e L. E. PASINETTI, *Aspetti astrofisici e radiobiologici del volo umano.*
- » 189 - M. HACK, *Radio emission at 21 cm in a region close to η and χ Persei Clusters.*
- » 190 - P. BROGLIA, *Curve di luce in tre colori ed elementi di SW Lacertae.*

(Continua in 4ª pagina)

- » 191 - M. FRACASSINI, M. HACK, L. PASINETTI, *Project for a system for the automation ecc.*
- » 192 - E. PROVERBIO, *Sul calcolo rigoroso delle posizioni apparenti delle stelle.*
- » 193 - A. MASANI e G. OCCHINI, *The propagation of perturbations and shock waves in the inside of stars I.*
- » 194 - P. BOTTO e M. HACK, *A two dimensional classification of stars of class O.*
- » 195 - E. PROVERBIO - *Latitudine e longitudine astronomica provvisorie della stazione di M.te Conero durante l' eclisse totale di Sole del 15-2-1961.*
- » 196 - A. GÖKGÖZ, M. HACK, I. KENDIR - *Study of the spectrum and radial velocities of Tauri in 1958 and 1959.*
- » 197 - M. FRACASSINI, M. HACK - *Intensities, polarization and electron density of the solar corona from photographs taken during the total solar eclipse of 1961, february 15.*
- » 198 - E. PROVERBIO - *Recherches dans le champs de la métrologie du temps.*
- » 199 - R. FARAGGIANA, M. HACK - *Peculiar A stars studies of 73 Draconis.*
- » 200 - G. DE MOTTONI - *Nuovi specchi telescopici metallici.*
- » 201 - F. ZAGAR - *L' Osservatorio di Milano nella storia.*
- » 202 - M. HACK - *Absolute Magnitude 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 of ζ Tauri in 1960.*
- » 207 - J. O. FLECKENSTEIN - *Boscovich als Mitbegründer 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 ecc.*
- » 211 - A. MASOTTI - *Sopra alcuni cimeli bibliografici della Specola braidense.*
- » 212 - M. FRACASSINI - *The solution of the van de Hulst's integral equations ecc.*
- » 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 Pianeta Marte.*
- » 215 - M. HACK e L. PASINETTI - *Quantitative analysis of the Hydrogen -poor star ν Sagittarii.*
- » 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 γ 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.*