

82

CONTRIBUTI  
DELL'OSSERVATORIO ASTRONOMICO DI MILANO-MERATE  
a cura del Direttore

NUOVA SERIE

Prof. FRANCESCO ZAGAR

N. 271

EDOARDO PROVERBIO e FRANCESCO JOB

RICERCHE SULLE COSTANTI MICROMETRICHE  
IN UNO STRUMENTO DEI PASSAGGI  
E SULLE LORO VARIAZIONI

Estratto dai *Rendiconti* dell'Istituto Lombardo - Accademia di Scienze e Lettere  
Classe di Scienze (A) - Vol. 101 - 1967

EDITRICE



SUCC. FUSI - PAVIA  
1967

CONTRIBUTI  
DELL'OSSERVATORIO ASTRONOMICO DI MILANO-MERATE  
a cura del Direttore

NUOVA SERIE

Prof. FRANCESCO ZAGAR

N. 271

---

EDOARDO PROVERBIO e FRANCESCO JOB

---

RICERCHE SULLE COSTANTI MICROMETRICHE  
IN UNO STRUMENTO DEI PASSAGGI  
E SULLE LORO VARIAZIONI

Estratto dai *Rendiconti* dell'Istituto Lombardo - Accademia di Scienze e Lettere  
Classe di Scienze (A) - Vol. 101 - 1967

EDITRICE



SUCC. FUSI - PAVIA

1967

RICERCHE SULLE COSTANTI MICROMETRICHE  
IN UNO STRUMENTO DEI PASSAGGI  
E SULLE LORO VARIAZIONI

Nota (\*) di EDOARDO PROVERBIO e FRANCESCO JOB

Presentata dal m. e. Francesco Zagar  
(Adunanza del 16 marzo 1967)

---

SUMMARY. — On the ground of the data of astronomical time observations a careful study of micrometric constants in a transit instrument is carried out.

Theoretical and experimental values of the precision which may be achieved with the observational material are determined.

The analysis of this material put in evidence a dissymmetry in the value of a revolution of the micrometer screw when the micrometer screw revolves in the sense of screwing or in the opposite sense.

This dissymmetry results a function:

- (a) of the angular distance from the central fixed thread;
- (b) of the observed star declinations;
- (c) of the zenith distance;
- (d) of the temperature.

A variation of the progressive errors in the micrometer screw depending on the sense of rotation was also noticed.

In consequence of these irregularities the meridian passages are altered by quantities which can exceeded  $0^s$ ,  $01$ .

Some relations for determining these errors acting as the star declination are given.

**1.**

La determinazione delle costanti del micrometro impersonale utilizzato negli strumenti meridiani per la determinazione del tempo e delle A.R. riveste, com'è noto, notevole importanza.

---

(\*) Ricerche eseguite nell'Osservatorio Astronomico di Brera - Milano.

Lo studio di queste costanti, e cioè il passo del micrometro ed i suoi errori periodici e progressivi, permette infatti:

(a) di determinare delle quantità di cui è indispensabile tenere conto nella riduzione delle osservazioni di tempo e soprattutto nella riduzione delle osservazioni dell'azimut della mira meridiana ed in altre misurazioni;

(b) di risalire dall'esame delle variazioni e delle irregolarità di queste costanti all'analisi dei fenomeni che causano queste variazioni stesse, la cui conoscenza permette di far luce e di mettere in evidenza l'esistenza di errori sistematici strumentali.

Ci riferiamo in particolare allo studio della collimazione e delle sue variazioni (collimazione differenziale) i cui effetti sembra non possano essere più ritenuti trascurabili quando si vogliono ottenere risultati di grande precisione.

Scopo di questa ricerca si deve quindi considerare non solo la determinazione delle costanti micrometriche, ma in primo luogo l'analisi delle loro variazioni, soprattutto del valore del passo, alla luce di alcune ipotesi, suscettibili di aprire la strada a successivi studi di notevole interesse.

Come base per lo studio del passo e delle sue variazioni regolari e irregolari è stato utilizzato il materiale osservativo direttamente ricavato dalle osservazioni di tempo del Servizio dell'Ora dell'Osservatorio.

La giustificazione di questa scelta — preferita all'utilizzazione di metodi fisici di laboratorio od all'impiego di osservazioni astronomiche particolari — è semplice.

In questo caso infatti l'eventuale scoperta di errori sistematici di tipo strumentale assume un particolare valore per ricerche astronomiche collaterali, e può essere direttamente utilizzata per la riduzione e la correzione delle osservazioni stesse.

Prima di affrontare un simile lavoro si è ritenuto tuttavia necessario procedere ad una analisi preliminare del materiale disponibile per stabilire *a priori* l'ordine di precisione praticamente raggiungibile.

Per lo studio della vite micrometrica (passo e sue variazioni) dello strumento dei passaggi principale per la determinazione del tempo (Askania AP 100) si è fatto ricorso all'analisi degli appulsi che, per mezzo del tamburo del micrometro, vengono determinati durante l'osservazione e registrati su apposito registratore.

L'impiego del micrometro impersonale, eseguendo l'inversione dello strumento dei passaggi, fornisce, per ogni osservazione del passaggio in meridiano di una stella, una serie di appulsi simmetrici rispetto al meridiano strumentale relativamente a ciascuna posizione dello strumento.

Chiamando  $t_i$  il generico appulso  $i$ -esimo in ciascuna delle due posizioni est ( $e$ ) ed ovest ( $w$ ) dello strumento, l'istante del passaggio  $T_i$  sarà dato da:

$$T_i = \frac{(t_i^{(e)} + t_i^{(w)})}{2},$$

e indicando con  $h$  la *precisione* che caratterizza l'istante  $T_i$  la *precisione*  $h^*$  del generico appulso  $i$  (in una delle due posizioni dello strumento) sarà:

$$h^* = \frac{h}{\sqrt{2}}.$$

La determinazione della precisione  $h$  è stata effettuata sulla base della scarti  $\varepsilon_n$  tra l'istante medio del passaggio  $T$  ed ogni singolo istante  $T_n$ , dove  $n = 1, 2, \dots, i$ , rappresenta il numero degli appulsi simmetrici e ordinati, determinati dal tamburo del micrometro durante l'osservazione.

In tale ipotesi sarà:

$$(1) \quad h^2 = \frac{1}{2 \sigma^2},$$

nella quale  $\sigma^2$  rappresenta la varianza dell'insieme degli scarti  $\varepsilon_n$ .

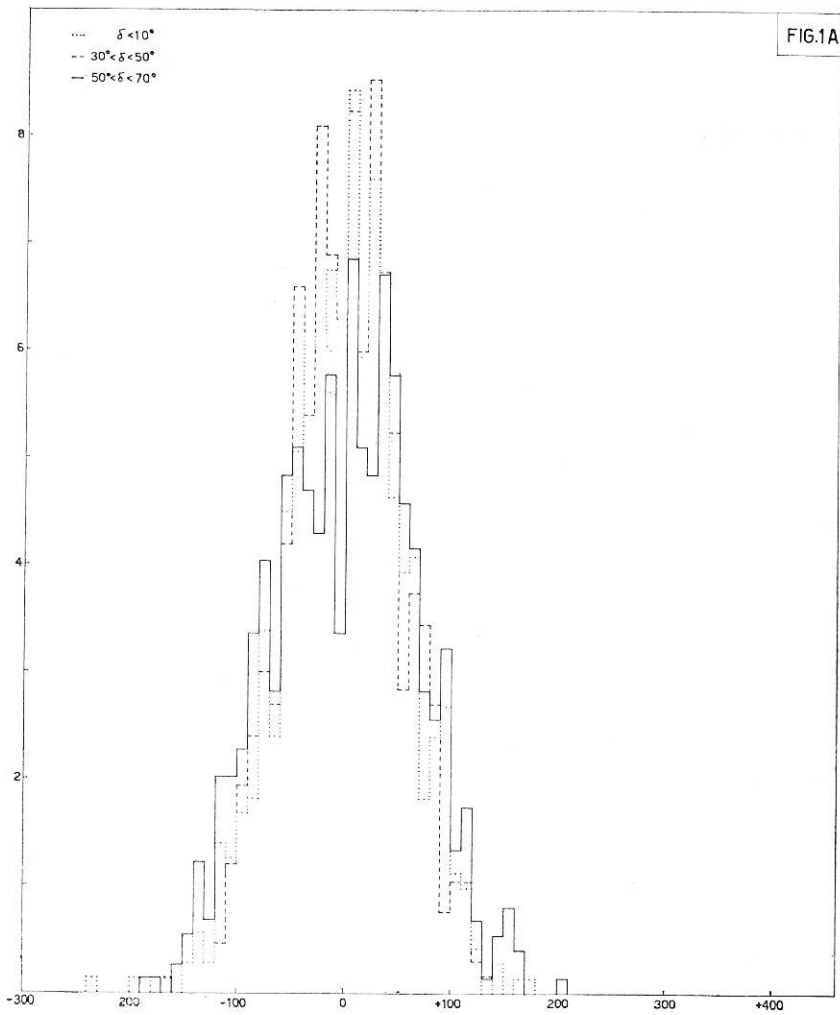
Al fine di determinare una legge sperimentale di variazione della precisione in funzione della declinazione, la quantità  $h$  è stata calcolata per cinque distinti gruppi di stelle.

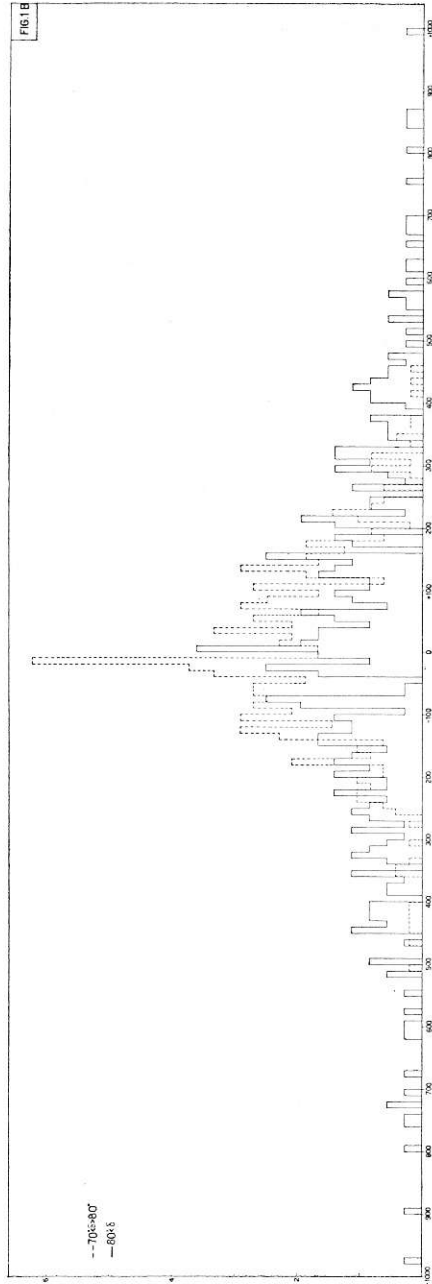
Nella tabella I sono dati i valori calcolati sperimentalmente delle precisioni  $h$  e  $h^*$  (in unità di  $10^4$ ) in funzione della declinazione, mentre le figure 1A e 1B rappresentano la forma della distribuzione gaussiana degli errori  $\varepsilon$  relativamente ai cinque gruppi di stelle prescelti con declinazioni crescenti dalle equatoriali alle circumpolari.

Si consideri ora la precisione  $h_R$  teorica corrispondente ad un errore  $\varepsilon_R$  di  $1.10^{-3}$  rivoluzioni della vite micrometrica.

TABELLA I

$\delta$	$h$	$h^*$	$h_R$	$h_R / h^*$
$0^\circ$				
- 0.04	0.0128	0.0091	0.0709	7.79
+ 40.35	0.0141	0.0100	0.0541	5.41
+ 53.98	0.0107	0.0076	0.0417	5.49
+ 74.52	0.0048	0.0034	0.0189	5.56
+ 83.69	0.0023	0.0016	0.0078	4.89





Questa precisione sarà ovviamente data da una relazione analoga alla (1) nella quale si ponga:

$$(2) \quad \sigma = \varepsilon_{\text{R}} = 0.001 \text{ sec } \delta.$$

Queste precisioni teoriche (in unità di  $10^4$ ) sono riportate pure nella tabella I assieme ai rapporti  $h_{\text{R}}/h^*$ .

## 2.

L'ultima colonna della Tabella I rappresenta quindi il rapporto tra la precisione ricavata dalla determinazione di *un solo appulso* del tamburo della vite micrometrica e quella necessaria per mettere in evidenza errori di 1/1000 di rivoluzione della vite stessa.

I dati di questa tabella si prestano a due considerazioni di notevole interesse:

(a) esaminando i valori  $h_{\text{R}}/h^*$  in funzione della declinazione si vede che essi presentano due *minimi*, uno per stelle pressapoco circumzenitali ed uno per stelle circumpolari.

Queste si possono quindi considerare le fasce di declinazione più favorevoli per la scelta delle stelle da utilizzare per lo studio delle costanti micrometriche.

In pratica, a causa delle difficoltà a reperire un conveniente numero di stelle circumpolari, la ricerca successiva è stata basata quasi esclusivamente sulla utilizzazione dei dati di osservazione relativi a stelle circumzenitali.

(b) Se si considerano invece i valori di  $h$  (o di  $h^*$ ) si vede che questi ultimi non risultano funzione decrescente della declinazione ma presentano un massimo (di precisione) che si può supporre attorno allo zenit o verso le declinazioni inferiori (vedi fig. 2).

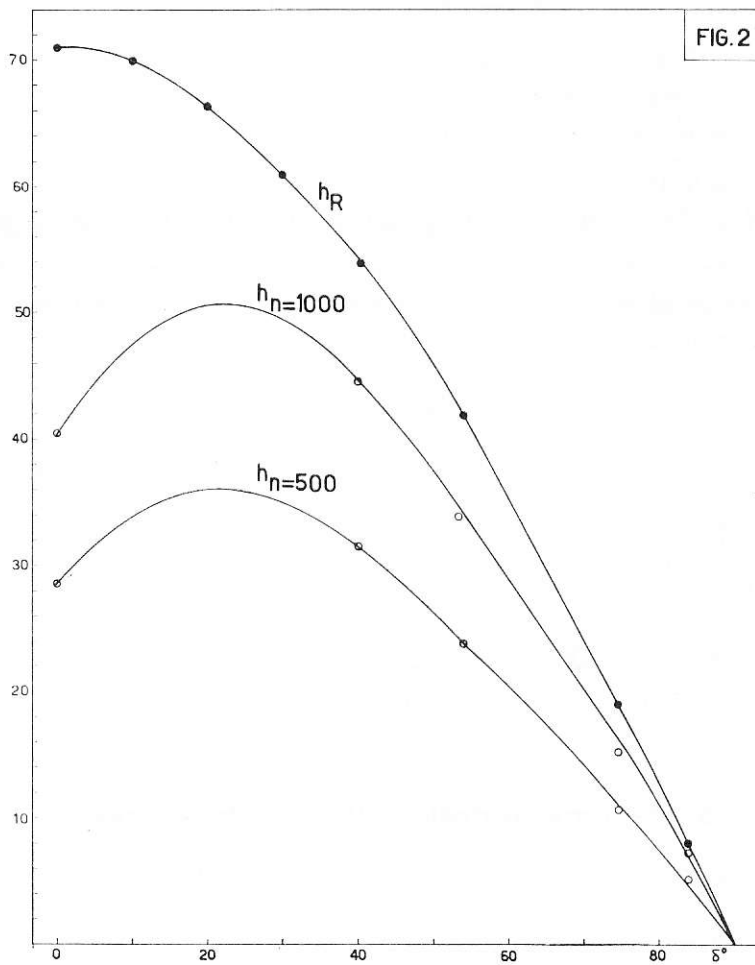
Da questo fatto, ricavato sperimentalmente, ne deriva che la forma di distribuzione di questi errori non sarà del tipo (2) e quindi nemmeno del tipo:

$$\varepsilon_i^2 = a^2 + b^2 \text{ sec}^2 \delta_i,$$

che è la nota relazione di Albrecht per rappresentare gli errori accidentali di osservazione dei passaggi stellari in meridiano.



Queste conclusioni sembrano mostrare che con micrometri impersonali con elevato numero di contatti ( $12 \div 15$ ) la precisione delle osservazioni non decresce continuamente con l'aumento della declinazione.



Questo fatto presenta notevole interesse in astrometria fondamentale e merita quindi di essere ulteriormente approfondito dal punto di vista sperimentale.

Per quanto detto sopra si può ora facilmente dedurre il numero di appulsioni del tamburo della vite micrometrica necessari per ottenere pre-

cisioni dell'ordine di  $0.0001^r$ , più che sufficienti per un accurato studio delle costanti micrometriche.

La tabella II fornisce la precisione:

$$h_n^* = h^* \sqrt{n} \quad (\text{unità } 1.10^4)$$

in funzione della declinazione e del numero di appulsioni  $n$ .

Da questa tabella è facile, ad esempio, prevedere che per  $n = 1000$  la precisione raggiungibile (con stelle circumzenitali) risulta già dello ordine di  $0.0002^r$ .

Nella fig. 2 sono invece rappresentate, a scopo illustrativo, la precisione teorica  $h_R$  necessaria per mettere in evidenza errori di  $0.0001^r$  e le precisioni sperimentali  $h$  raggiungibili con 500 e 1000 appulsioni rispettivamente.

TABELLA II

$\delta \backslash n$	100	500	1000	$h_R = 0.0001$
— 0.04	0.090	0.201	0.285	0.709
40.35	.099	.221	.313	.541
53.98	.075	.168	.238	.417
74.52	.034	.075	.107	.189
83.69	.016	.036	.051	.078

### 3. - Gli errori periodici della vite micrometrica.

Tenendo conto dei risultati delle precedenti analisi sono stati determinati, utilizzando i dati forniti dalle osservazioni dei passaggi stellari per la determinazione del tempo, tutte le caratteristiche della vite micrometrica in  $AR$  del micrometro di Milano montato sullo strumento dei passaggi  $Ap$  100.

La determinazione degli errori periodici è stata condotta sulla base delle seguenti considerazioni.

Chiamando  $t_i^{(s)}$  il generico contatto  $i$  corrispondente alla  $i$ -ma tacca del tamburo della vite micrometrica (l'origine delle tacche è arbitraria

e viene fatta coincidere con lo zero della graduazione del tamburo stesso), si può scrivere la generica relazione,

$$(3) \quad t_{i+1}^{(s)} = t_i^{(s)} + \Delta t_{(i+1)-i}^{(R)} R^{(s)} \sec \delta + e_i^{(R)} R^{(s)} \sec \delta, \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

nella quale  $\Delta t_{(i+1)-i}^{(R)}$  rappresenta la misura, in frazione di rivoluzioni del tamburo, della distanza corrispondente alle tacche che determinano i contatti  $i$  e  $i + 1$  in assenza di errori (irregolarità) periodici nella vite micrometrica.

A causa dell'esistenza di questi errori la distanza effettiva (in unità di rivoluzione) tra le varie tacche sarà quindi alterata dall'importo  $e_i^{(R)}$ .

Nel nostro caso, avendo utilizzato un tamburo munito di 12 contatti, si avrà:

$$e_i^{(R)} = \frac{t_{i+1}^{(s)} - t_i^{(s)}}{t'_1 - t_1} - \Delta t_{(i+1)-i}, \quad (i = 1, 2, \dots, 12).$$

avendo chiamato  $t_{13} = t'_1$  il contatto corrispondente all'inizio di una rivoluzione del tamburo.

Di conseguenza gli errori periodici  $\varepsilon_i^{(R)}$  saranno dati dalla relazione:

$$\varepsilon_i^{(R)} = \sum_{i=1}^i e_i^{(R)} = \frac{1}{t'_1 - t_1} \sum_{i=1}^i (t_{(i+1)} - t_i) - \sum_{i=1}^i \Delta t_{(i+1)-i},$$

$$(i = 1, 2, \dots, 12)$$

nella quale sarà evidentemente, per definizione,

$$(3') \quad \sum_{i=1}^{12} e_i^{(R)} = 0,$$

$$\sum_{i=1}^{12} \Delta t_{(i+1)-i}^{(R)} = 1^{(R)}.$$

Nella Tabella III sono dati i valori degli intervalli  $\Delta t_{(i+1)-i}^{(R)}$  e dei rispettivi errori quadratici medi  $E_i$  (espressi in millesimi di rivoluzione del tamburo) determinati visualmente col metodo della *chiusura* del contatto delle tacche successive del tamburo.

I valori degli intervalli sono stati determinati ruotando il tamburo secondo la numerazione crescente del tamburo stesso, cioè in senso positivo o nel senso dell'avvitamento (andata) ed anche ruotando il tamburo in senso contrario (ritorno).

Le piccole differenze tra i valori corrispondenti *all'andata* ed al *ritorno* sono prevalentemente da imputare ad errori accidentali di osservazione ed alle irregolarità dei bordi destro e sinistro delle tacche del tamburo.

TABELLA III

ROTAZIONE POSITIVA				ROTAZIONE NEGATIVA			
$i$	$\Delta t_{(i+1)-i}^{(R)}$	$E_i$	$\Sigma \Delta t_{(i+1)-i}^{(R)}$	$i$	$\Delta t_{(i+1)-i}^{(R)}$	$E_i$	$\Sigma \Delta t_{(i+1)-i}^{(R)}$
1	100.0	$\pm .2$	100.0	1	99.8	$\pm .2$	1000.1
2	99.9	.3	199.9	2	100.2	.2	900.3
3	100.5	.2	300.4	3	99.8	.1	800.1
4	100.2	.3	400.6	4	100.7	.2	700.3
5	100.0	.2	500.6	5	99.7	.2	599.6
6	99.6	.2	600.2	6	100.3	.1	499.9
7	100.3	.1	700.5	7	99.6	.2	399.6
8	99.7	.1	800.2	8	99.7	.1	300.0
9	63.6	.2	863.8	9	64.3	.2	200.3
10	36.1	.2	899.9	10	35.7	.2	136.0
11	35.9	.1	935.8	11	36.1	.1	100.3
12	64.2	.1	1000.0	12	64.2	.2	64.2

Il calcolo degli istanti  $t_i$  corrispondenti ai successivi contatti  $i$  del tamburo è stato effettuato considerando stelle circumzenitali.

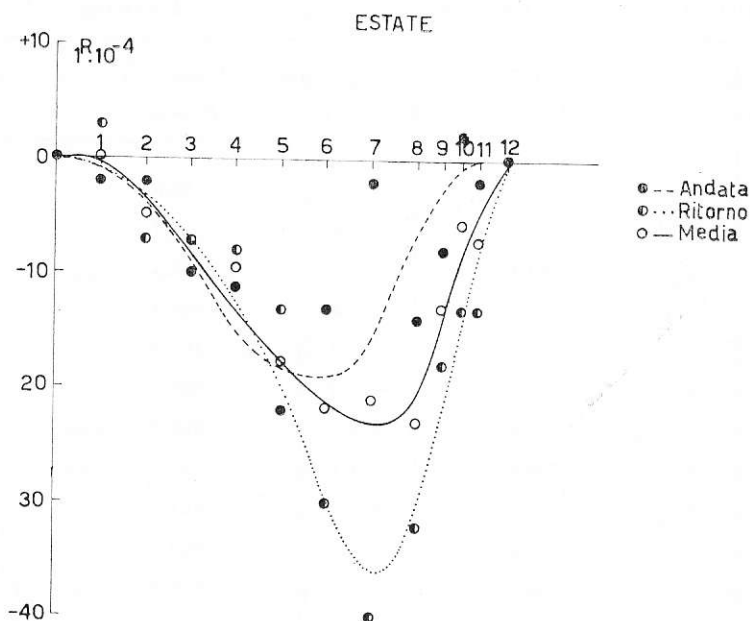
I valori riportati nella tabella IV (in millesimi di rivoluzione) sono la media di circa 300 dati di osservazione per ciascun contatto.

La riduzione delle osservazioni è stata eseguita separatamente considerando circa cinquanta stelle osservate nei mesi estivi e un altrettanto numero di stelle osservate nei mesi invernali con uno scarto medio di temperatura di  $25 \div 30$  °C.

TABELLA IV

Rotazione		Estate		Inverno	
	$i$	$\frac{\Sigma(t_{(i+1)} - t_i)}{t'_1 - t_1}$	$\varepsilon_i^{(n)}$	$\frac{\Sigma(t_{(i+1)} - t_i)}{t'_1 - t_1}$	$\varepsilon_i^{(n)}$
	P o s i t i v a	1	99.8	— 0.2	100.0
2		199.5	— 0.4	198.7	— 1.2
3		299.4	— 1.0	298.5	— 1.9
4		399.5	— 1.1	398.2	— 2.4
5		498.6	— 2.0	498.0	— 2.8
6		598.9	— 1.3	597.8	— 2.4
7		700.3	— 0.2	698.8	— 1.7
8		798.8	— 1.4	797.4	— 2.8
9		862.8	— 0.8	861.4	— 2.4
10		900.1	$\pm$ 0.2	898.4	— 1.5
11		935.6	— 0.2	935.3	$\pm$ 0.3
12		1000.0	$\pm$ 0.0	1000.0	$\pm$ 0.0
N e g a t i v a	12	62.9	— 1.3	64.3	$\pm$ 0.1
	11	99.0	— 1.3	99.9	— 0.4
	10	134.2	— 1.8	135.0	— 1.0
	9	197.1	— 3.2	198.7	— 1.6
	8	296.0	— 4.0	298.3	— 1.7
	7	396.6	— 3.0	397.6	— 2.0
	6	498.6	— 1.1	499.5	— 0.4
	5	598.8	— 0.8	599.4	— 0.2
	4	699.6	— 0.7	698.9	— 1.3
	3	799.2	— 0.9	799.7	— 0.4
	2	900.6	$\pm$ 0.3	898.9	— 1.4
	1	1000.0	$\pm$ 0.0	1000.0	$\pm$ 0.0

In fig. 3 e fig. 4 sono rappresentati in diagramma i valori della tavola IV ed è dato anche l'andamento medio degli errori periodici per il periodo estivo ed invernale.



Dall'esame qualitativo di questi diagrammi saltano subito all'occhio i seguenti fatti:

(a) il valore dell'errore periodico del micrometro dedotto dalla media dei valori corrispondenti, determinati ruotando il micrometro nei due sensi (per esempio durante le osservazioni di tempo), sembra indipendente dalla temperatura.

(b) Gli errori periodici che si commettono utilizzando la rotazione del tamburo nello stesso senso risultano invece funzione della temperatura ed il coefficiente termico presenta segno opposto a seconda che la rotazione avvenga in senso positivo o negativo.

La spiegazione di questo fenomeno può essere attribuita al fatto che le superfici del passo della vite e della chiocciola della madrevite che

vengono a contatto durante l'avvitamento e lo svitamento presentano una diversa regolarità e coefficiente termico.

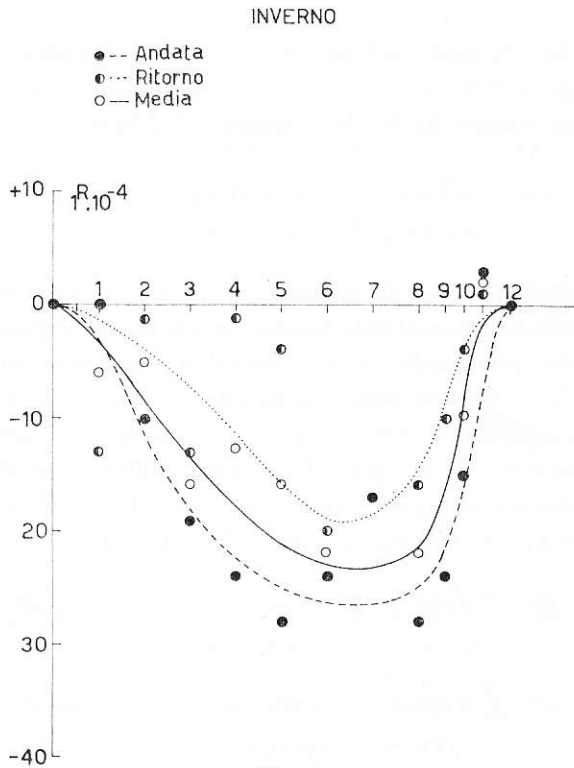


Fig. 4.

Il fatto più significativo resta comunque l'importo di questi errori che per ricerche astronomiche di precisione non possono essere trascurati.

#### 4. - La determinazione del passo dagli errori periodici.

Sommando membro a membro le relazioni (3) per  $i$  che varia da 1 a 13, ricordando che si è posto  $t_{13} = t_1$  e, tenendo conto delle (3'), si ottiene ovviamente per ogni rivoluzione del tamburo:

$$R^{(s)} = (t'_1 - t_1) \cos \delta.$$

Utilizzando i valori di  $t'_1 - t_1$  impiegati per la determinazione degli errori periodici è stato determinato il valore medio del passo in funzione della temperatura per il periodo Novembre 1964 - Novembre 1965.

Il calcolo effettuato col metodo dei minimi quadrati prendendo in considerazione 986 valori del passo e utilizzando il calcolatore IBM 1620 dell'Osservatorio ha fornito i seguenti risultati:

$$(4) \quad R^{(s)} = 6.64114 - 2.019 \cdot 10^{-4} \tau, \quad (\tau \text{ in } ^\circ\text{C}) \\ \pm .00013 \pm .005 \cdot 10^{-4}$$

Un risultato di notevole interesse che mette in evidenza l'esistenza di errori (reali o apparenti) di collimazione nelle osservazioni di tempo è il fatto che prendendo in considerazione separatamente i valori  $t'_1 - t_1$  corrispondenti al senso positivo di movimento della vite micrometrica (avvitamento) e quelli corrispondenti al senso negativo di movimento (svitamento) si ottengono due valori sensibilmente differenti del passo, soprattutto per quanto concerne il valore del coefficiente termico.

Procedendo con tale metodo si è infatti trovato:

$$R_a^{(s)} = 6.63654 + 1.649 \cdot 10^{-4} \tau, \quad (\tau \text{ in } ^\circ\text{C}) \\ \pm .00023 \pm .009 \cdot 10^{-4}$$

$$R_s^{(s)} = 6.64581 - 5.788 \cdot 10^{-4} \tau, \quad (\tau \text{ in } ^\circ\text{C}) \\ \pm .00028 \pm 0.011 \cdot 10^{-4}$$

E' interessante notare a questo proposito che un risultato analogo è stato messo in evidenza da G. P. Pilnik nello studio dei micrometri di due strumenti dei passaggi [1].

D'altra parte l'entità dell'errore medio mostra anche nel nostro caso che la differenza,

$$(4') \quad R_s^{(s)} - R_a^{(s)} = + 0.00927 - 6.139 \cdot 10^{-4} \tau, \quad (\tau \text{ in } ^\circ\text{C}) \\ \pm .00036 \pm .014 \cdot 10^{-4}$$

è il risultato di cause reali i cui effetti non possono essere trascurati nelle osservazioni di tempo.

Infatti se chiamiamo  $i$  la generica posizione del tamburo dei contatti corrispondenti all'invio del *primo* contatto durante la fase d'inse-



guimento della stella l'istante  $T_i$  del passaggio per il meridiano strumentale, prescindendo dagli errori accidentali di osservazione, sarà dato da:

$$T_i = \frac{t_i + \bar{t}_i}{2}$$

nella quale  $t_i$  e  $\bar{t}_i$  rappresentano gli istanti determinati dal primo contatto  $i$  nella due posizioni dello strumento, allo stesso modo che gli istanti corrispondenti, nelle due posizioni dello strumento, dopo un certo numero  $j$  di contatti saranno dati per la (3) dalle relazioni:

$$(5) \quad \begin{aligned} t_{i+j} &= t_{i+(j-1)} + \Delta t_{(i+j)-(i+(j-1))}^{(n)} R^{(s)} \sec \delta + e_{i+j} R^{(s)} \sec \delta, \\ \bar{t}_{i+j} &= \bar{t}_{i+(j-1)} - \Delta t_{(i+j)-(i+(j-1))}^{(n)} \bar{R}^{(s)} \sec \delta - \bar{e}_{i+j} \bar{R}^{(s)} \sec \delta. \end{aligned}$$

In queste ultime i valori  $R^{(s)}$ ,  $\bar{R}^{(s)}$  ed  $e_{i+j}$ ,  $\bar{e}_{i+j}$  rappresentano rispettivamente i valori del passo e dei suoi errori corrispondenti ai due diversi sensi di rotazione della vite micrometrica nelle due posizioni dello strumento.

In definitiva tenendo conto del carattere iterativo della (3) e delle (5) l'istante del passaggio per il meridiano strumentale, dedotto dal contatto  $i+j$ , sempre a meno di errori accidentali, si otterrà dalla relazione generale,

$$(6) \quad \begin{aligned} \frac{t_{i+j} + \bar{t}_{i+j}}{2} &= T_i + \frac{1}{2} (R^{(s)} - \bar{R}^{(s)}) \sec \delta \sum_{k=1}^j \Delta t_{(i+k)-(i+(k-1))}^{(k)} \\ &+ \frac{1}{2} \sec \delta \left[ R^{(s)} \sum_{k=1}^j e_{i+k-1} - \bar{R}^{(s)} \sum_{k=1}^j \bar{e}_{i+k-1} \right], \quad (j = 0, 1, \dots, n) \end{aligned}$$

che si riduce ovviamente a  $T_i$  per  $R^{(s)} = \bar{R}^{(s)}$  ed  $e = \bar{e}$ .

Trascurando, in prima approssimazione, l'influenza combinata degli errori periodici e del passo è facile verificare che l'importo del secondo addendo nel secondo membro della precedente relazione è tutt'altro che irrilevante.

Sostituendo infatti, per semplicità e senza togliere rigore alle conclusioni, in quest'ultima relazione al fattore  $\sum_{k=1}^j \Delta t_{(i+k)-(i+(k-1))}^{(k)}$ , che aumenta con discontinuità per multipli di circa 1/10 di rotazione (non tenendo conto dei due contatti supplementari che caratterizzano lo

zero del tamburo), la quantità  $j/10$  l'errore  $\Delta T_j$  sull'istante del passaggio dopo  $j$  contatti dal primo si potrà rappresentare con l'espressione

$$\Delta T_j = \frac{1}{20} (R^{(s)} - \bar{R}^{(s)}) j \sec \delta, \quad (j = 0, 1, \dots, j)$$

che risulta funzione quindi, oltrechè di  $j$ , della declinazione  $\delta$  della stella osservata ed anche della temperatura.

Nella Tabella V sono dati i valori di  $R_s^{(s)} - R_a^{(s)}$  per varie temperature comprese tra  $-5$  e  $+35^\circ\text{C}$  equivalenti ai valori  $R^{(s)} - \bar{R}^{(s)}$ .

TABELLA V.

$\tau$	$R_s^{(s)} - R_a^{(s)}$	$*R_s^{(s)} - *R_a^{(s)}$
( $^\circ\text{C}$ )	( $10^{-3}$ sec)	( $10^{-3}$ sec)
- 5	+ 12.3	+ 5.5
$\pm$ 0	+ 9.2	+ 2.0
+ 5	+ 6.2	- 1.5
+ 10	+ 3.1	- 5.1
+ 15	+ 0.1	- 8.6
+ 20	- 3.0	- 12.2
+ 25	- 6.1	- 15.7
+ 30	- 9.2	- 19.2
+ 35	- 12.2	- 22.8

L'istante medio del passaggio osservato dopo  $j$  contatti (facendo corrispondere  $j=0$  al primo contatto) sarà di conseguenza affetto da un errore  $\varepsilon_j$  complessivo, fornito dalla relazione

$$\varepsilon_j^{(s)} = \frac{1}{j+1} \sum_{j=0}^j \Delta T_j = \frac{(R^{(s)} - \bar{R}^{(s)}) \sec \delta}{20(j+1)} \sum_{j=0}^j j,$$

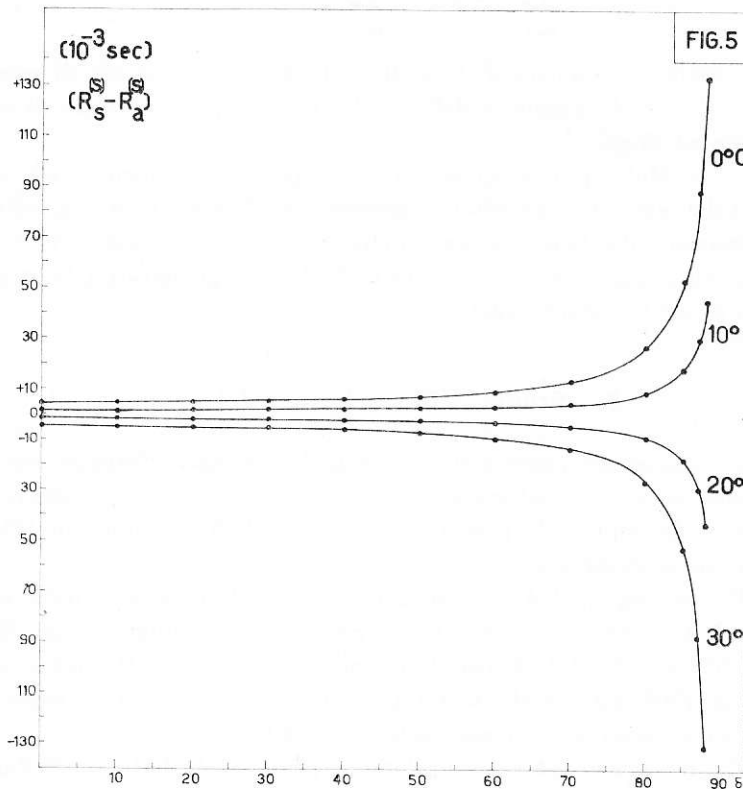
la quale, potendosi scrivere  $\sum_{j=0}^j j = j(j+1)/2$ , e tenendo conto che per  $j=10$  si ha  $u^{(R)} = 1$ , che rappresenta in unità di rivoluzioni, la frazione delle rivoluzioni effettuate dal tamburo dopo un certo numero  $j$

di contatti dal primo (generalmente chiamato  $i$ ), si trasforma nell'espressione

$$(7) \quad \varepsilon_j^{(s)} = \frac{u^{(s)}}{4} (R^{(s)} - \bar{R}^{(s)}) \sec \delta.$$

L'errore risulta quindi direttamente proporzionale al numero  $u^{(R)}$  di rivoluzioni effettuate.

Durante le osservazioni di tempo con lo strumento *Ap 100* la stella viene seguita, nelle due posizioni, per circa due rivoluzioni. Nella figura 5 sono dati i diagrammi dell'errore  $\varepsilon_j^{(s)}$  (per  $u^{(R)} = 2$ ) in funzione della declinazione  $\delta$  e per quattro diverse temperature.



Tenendo in considerazione questi diagrammi e pur attribuendo ad essi, per il momento, un valore solo qualitativo si possono trarre le seguenti conclusioni:

(a) L'entità dell'errore dovuto alla dissimetria del passo nei due sensi di rotazione del tamburo può non risultare trascurabile in precise determinazioni di tempo.

E' indispensabile quindi rispettare un rigoroso criterio di alternanza alle due posizioni dello strumento per quanto riguarda l'inizio delle osservazioni di stelle orarie se non si vuole introdurre nella scala di tempo osservata o nelle ascensioni rette determinate errori periodici con *periodo annuo*, e cioè del tipo  $\Delta\alpha_\alpha$ , in funzione della temperatura.

Inoltre risulta opportuno che i gruppi di stelle orarie osservati soddisfino il più possibile la condizione

$$\sum_{r=1}^r \sec \delta_r^{(E)} - \sum_{t=1}^t \sec \delta_t^{(W)} = 0$$

nella quale  $r$  = numero delle stelle del gruppo con inizio di osservazione ad Est,  $t$  = numero delle stelle del gruppo con inizio di osservazione ad West.

(b) Molto più complessa è la compensazione degli effetti degli errori dell'azimut strumentale osservato e della loro influenza sulla determinazione del tempo a causa della dissimetria del passo. Ne risulta comunque l'opportunità di evitare nelle determinazioni di azimut l'impiego di stelle circumpolari.

## 5. - Studio delle variazioni del passo.

Un'analisi del passo molto più completa si può effettuare solo utilizzando un numero adeguato di rivoluzioni uniformemente distribuite in modo da coprire le posizioni che il filo mobile assume in tutto il campo dello strumento.

Per questa analisi sono stati utilizzati i dati ricavati dalle osservazioni di tempo effettuate nel periodo dal 4 Gennaio al 29 Marzo 1965 utilizzando il Catalogo Fondamentale e dal 15 Dicembre al 30 Giugno 1966 utilizzando il Catalogo di Döllén. In tutto sono stati presi in considerazione circa 1200 valori del passo.

Da un primo esame grossolano il passo è risultato sensibilmente variabile in funzione della posizione del filo mobile e cioè del numero di rivoluzioni a partire da una certa origine.

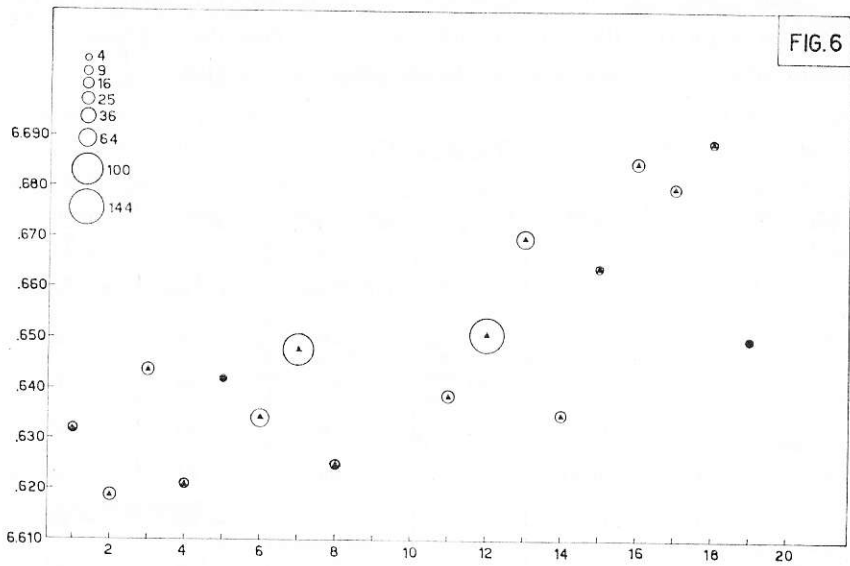
Nella Tabella VI si è chiamato  $\bar{u}$  il numero di *rivoluzioni* del passo considerando come *posizione* di partenza (posizione  $o$ ) la posizione centrale del filo mobile nel campo dello strumento.

Nella stessa Tabella l'indice  $u$  rappresenta invece il numero di *ri-voluzioni* a partire dalla rivoluzione  $\bar{u} = -9$ , cioè dalla prima rivoluzione utile del campo procedendo dal basso verso l'alto.

TABELLA VI

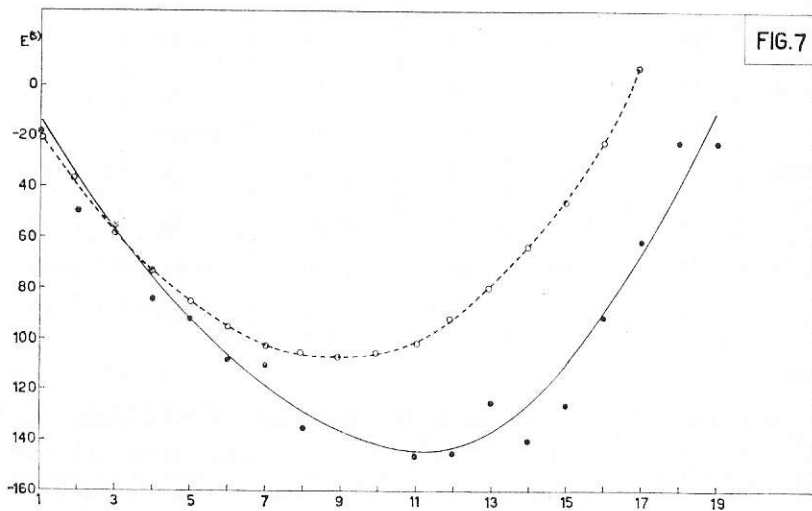
$\bar{u}$	$u$	$\bar{R}_u^{(s)}$	$p_u$	$\bar{R}_u^s - \bar{R}_m^s$	$E_u^{(s)}$	$\bar{E}_u^{(s)}$
				( $10^{-3}$ sec)	( $10^{-3}$ sec)	( $10^{-3}$ sec)
- 9	1	6.632	8	- 18	- 18	- 20
- 8	2	6.619	31	- 31	- 49	- 38
- 7	3	6.644	21	- 6	- 35	- 55
- 6	4	6.621	7	- 29	- 84	- 70
- 5	5	6.642	6	- 8	- 92	- 83
- 4	6	6.634	47	- 16	-108	- 93
- 3	7	6.648	154	- 2	-110	-101
- 2	8	6.625	8	- 25	-135	-106
- 1	9	—	—	—	—	-109
+ 1	10	—	—	—	—	-106
+ 2	11	6.639	25	- 11	-146	-100
+ 3	12	6.651	153	+ 1	-145	- 91
+ 4	13	6.670	48	+ 20	-125	- 78
+ 5	14	6.635	13	- 15	-140	- 62
+ 6	15	6.664	10	+ 14	-126	- 42
+ 7	16	6.685	20	+ 35	- 91	- 19
+ 8	17	6.680	25	+ 30	- 61	+ 7
+ 9	18	6.689	7	+ 39	- 22	+ 38

Le medie del valore del passo  $\bar{R}^{(s)}$  per ciascuna rivoluzione con i relativi pesi  $p$  (il peso 1 corrisponde a 2 rivoluzioni simmetriche) mostrano un evidente andamento ben visibile anche nella figura 6.



La determinazione della media  $\bar{R}_m^{(s)}$  dei singoli valori ha permesso poi un primo calcolo degli errori progressivi  $E_n^{(s)}$ .

L'andamento di questi errori è chiaramente visibile dalla fig. 7.

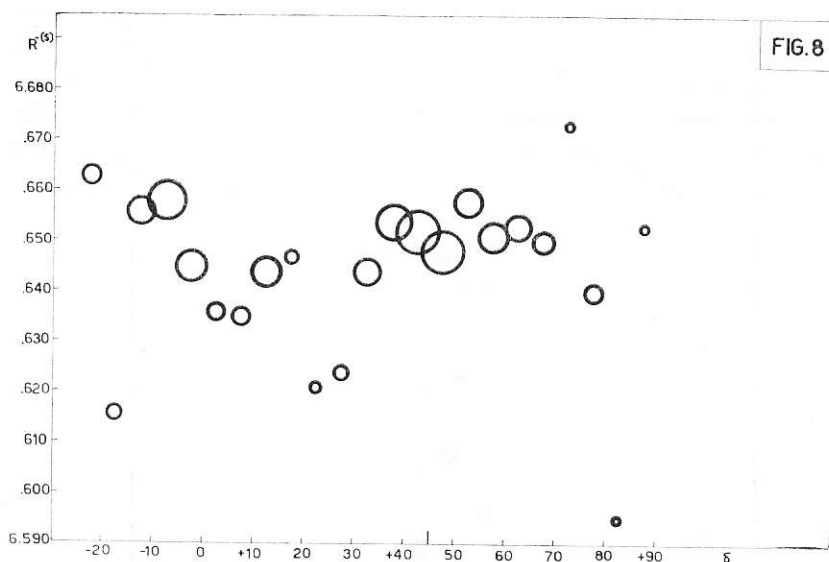


Data la grande quantità di materiale a disposizione è stato tentato anche uno studio delle distribuzioni del valore del passo in funzione:

(a) della declinazione  $\delta$  della stella osservata, e cioè della posizione dell'asse dello strumento rispetto allo zenit durante l'osservazione,

(b) della velocità apparente di movimento della stella e cioè di  $\sec \delta$ .

Le figure 8 e 9, nelle quali i raggi dei cerchi sono proporzionali ai quadrati dei pesi mostrano la distribuzione del valore del passo in funzione delle due quantità sopracitate.

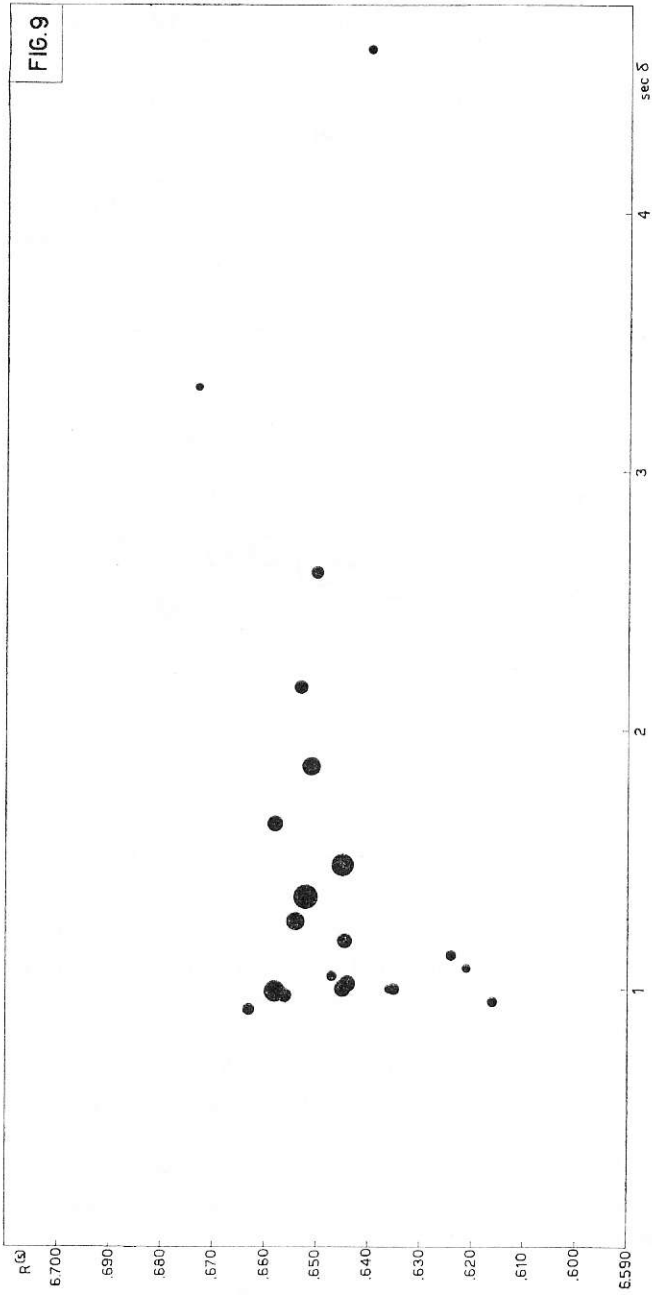


Quantunque la notevole dispersione dei valori impedisca il riconoscere una sicura dipendenza del passo dalla declinazione  $\delta$  (o dalla distanza zenitale) o da  $\sec \delta$ , tuttavia si è ritenuto opportuno un'analisi più approfondita di questa questione.

Per questo motivo, utilizzando i dati a disposizione, si è proceduto, con l'ausilio del calcolatore IBM 1620 dell'Osservatorio, al calcolo dei coefficienti di tutti quei parametri che per ipotesi si è supposto fossero causa di variazioni reali o apparenti del passo del micrometro.

Le equazioni di condizione utilizzate in questi calcoli risultano dalla forma:

$$R^{(s)} = R_0^{(s)} + \alpha_1 (u - u_0) + \alpha_2 (u + u_0)^2 + \alpha_3 \tau + \alpha_4 (\sec \delta - 1) + \alpha_5 \sin z.$$





In quest'ultima si è posto  $u_0 = 10$ , in modo che  $u - u_0$  rappresenti quindi la variazione del passo, in rivoluzioni, ad iniziare dalla rivoluzione  $n_0 = 10$ ,  $\tau$  indica, come in precedenza, la temperatura di °C.

Il termine (*sec*  $\delta - 1$ ) caratterizza la variazione che nella determinazione del passo osservato può avere origine a causa del movimento apparente più o meno lento della stella.

Infine il termine *sin*  $z$  è stato introdotto per tenere conto delle eventuali azioni del peso del micrometro, che agisce sempre nella direzione della perpendicolare, sulle molle di contrasto della slitta mobile del micrometro stesso. La componente della forza peso nella direzione dell'asse della vite micrometrica risulta infatti proporzionale a *sin*  $z$ .

Nella Tabella VII sono dati, con i loro errori quadratici medi, i valori dei vari coefficienti calcolati utilizzando le rivoluzioni corrispondenti al movimento di avvvitamento (*a*) e svitamento (*s*) della vite micrometrica.

TABELLA VII

	( <i>a</i> )	( <i>s</i> )
$R_0^{(s)}$	6,65044	6,65082
	$\pm 0,00046$	$\pm 0,00057$
$\alpha_1$	$+ 2,806 \cdot 10^{-3}$	$+ 2,844 \cdot 10^{-3}$
	$\pm 0,007$	$\pm 0,008$
$\alpha_2$	$- 0,659 \cdot 10^{-4}$	$+ 2,044 \cdot 10^{-4}$
	$\pm 0,000$	$\pm 0,005$
$\alpha_3$	$+ 3,458 \cdot 10^{-4}$	$- 3,621 \cdot 10^{-4}$
	$\pm 0,022$	$\pm 0,026$
$\alpha_4$	$- 3,86 \cdot 10^{-3}$	$- 0,48 \cdot 10^{-3}$
	$\pm 0,16$	$\pm 0,17$
$\alpha_5$	$+ 1,03 \cdot 10^{-2}$	$- 0,52 \cdot 10^{-2}$
	$\pm 0,10$	$\pm 0,13$

Con questi dati sono stati calcolati i valori medi  $R_m^{(s)}$  della vite micrometrica e la differenza dei valori del passo  $R_s^{(s)} - R_a^{(s)}$  relativi ai due sensi di avvvitamento,

$$\begin{aligned}
 (8) \quad R_m^{(s)} &= 6,6506 + 2,845 (u - u_0) \cdot 10^{-3} + 6,93 (u - u_0)^2 \cdot 10^{-5} \\
 &\pm 0,0007 \pm 0,011 \qquad \qquad \qquad \pm 0,05 \\
 &- 0,082 \cdot 10^{-4} \tau - 1,69 (\sec \delta - 1) \cdot 10^{-3} + 0,26 \sin z \cdot 10^{-2}, \\
 &\pm 0,033 \qquad \qquad \pm 0,23 \qquad \qquad \qquad \pm 0,16
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (8') \quad R_s^{(s)} - R_a^{(s)} &= 0,0004 + 0,078 (u - u_0) 10^{-3} + 2,703 (u - u_0)^2 10^{-5} \\
 &- 7,079 \cdot 10^{-4} \tau + 3,38 (\sec \delta - 1) \cdot 10^{-3} - 1,55 \sin z \cdot 10^{-2}.
 \end{aligned}$$

L'analisi della (8) e della (8') porta ai seguenti risultati di grande interesse:

(a) Nella variazione del passo medio ha peso preponderante il termine lineare rispetto al termine quadratico in  $(u - u_0)$ ; il contrario avviene invece per la variazione di  $R_s^{(s)} - R_a^{(s)}$ .

Inoltre si può notare che questi due coefficienti (e cioè gli errori progressivi) sono gli unici (assieme al termine in  $\sec \delta$ ) a determinare una variazione sensibile di  $R_m^{(s)}$ .

(b) L'influenza della temperatura risulta infatti piccola e incerta sulla variazione del passo medio, mentre risulta più che sensibile il suo effetto sulla differenza  $R_s^{(s)} - R_a^{(s)}$ . Lo stesso può dirsi per l'effetto del termine in  $\sin z$ .

(c) La variazione dipendente dalla velocità apparente del moto della stella nel campo dello strumento ha effetti contrari su  $R_m^{(s)}$  e su  $R_s^{(s)} - R_a^{(s)}$ .

Tenendo conto inoltre che la rivoluzione di partenza nella numerazione  $\bar{u} = u - u_0$  corrisponde alla prima rivoluzione superiore rispetto alla mezzaria del campo, mentre per il calcolo della (4) e della (4') il valore medio delle rivoluzioni  $(t'_1 - t)$  risulta circa due rivoluzioni in basso rispetto al filo centrale, e che statisticamente si può considerare per queste due ultime relazioni  $z = 0^\circ$  ( $\delta = 45^\circ$ ), la (8) e la (8') forniscono, in prima approssimazione, tenendo conto delle condizioni che caratterizzano la (4) e la (4'),

$$\begin{aligned}
 {}^*R^{(s)} &= 6.6419 - 0.08 \cdot 10^{-4} \tau, & (\tau \text{ in } ^\circ\text{C}) \\
 {}^*R_s^{(s)} - {}^*R_a^{(s)} &= + 0.002 - 7.08 \cdot 10^{-4} \tau. & (\tau \text{ in } ^\circ\text{C})
 \end{aligned}$$

Queste due relazioni, se si fa eccezione per il coefficiente termico di  $*R^{(s)}$  che differisce sensibilmente dall'analogo coefficiente di  $R^{(s)}$  (si noti comunque che i coefficienti termici relativi ai due sensi di avvita-mento, calcolati con i dati, più numerosi, qui presi in considerazione e con quelli utilizzati per lo studio degli errori periodici, presentano una sintomatica concordanza di segno) costituiscono una non trascurabile prova della validità delle relazioni (8) e (8') e della omogeneità, entro i limiti sopracennati, di tutti questi risultati.

Dalla (8) è possibile ricavare l'andamento degli errori progressivi

$$\bar{E}_{\bar{u}}^{(s)} = \sum_{\bar{u}=-9}^{+9} 2,845 \bar{u} \cdot 10^{-3} + \sum_{\bar{u}=-9}^{+9} 6,93 \bar{u}^2 \cdot 10^{-5},$$

depurati dall'influenza degli altri parametri.

Questi ultimi sono riportati nella Tabella VI e nella fig. 7.

Dal punto di vista della precisione delle osservazioni di tempo risulta comunque di maggiore interesse la relazione (8') che con la (7) dovrebbe permettere di calcolare numericamente l'errore complessivo che si riversa sugli istanti dei passaggi dedotti dalle osservazioni in funzione dei parametri qui presi in considerazione.

L'influenza della sola temperatura, per  $\bar{u} = 1$ ,  $z = 0^\circ$  ( $\delta = 45^\circ$ ), e cioè di  $*R_s^{(s)} - *R_a^{(s)}$  è stata calcolata dalla (8') ed i dati relativi sono riportati nella Tabella V (ultima colonna).

Tuttavia a causa dell'esistenza nella (8') di un termine funzione di  $\bar{u}$ , la (6) e di conseguenza la (7) non risultano più valide, perchè in esse si è presupposto  $R^{(s)} - \bar{R}^{(s)}$  costante rispetto ad  $\bar{u}$ .

Se non si vuole trascurare il termine dipendente da  $\bar{u}$ , che risulta comunque piccolo, nella determinazione degli errori  $\Delta T_j$  ed  $\varepsilon_j^{(s)}$  è necessario porre:

$$R_s^{(s)} - R_a^{(s)} = \Delta R_1 - \Delta R_2,$$

nella quale

$$\Delta R_1 = 0,0004 - 7,079 \cdot 10^{-4} \tau + 3,38 (\sec \delta - 1) \cdot 10^{-3} - 1,55 \sin z \cdot 10^{-2},$$

$$\Delta R_2 = f(\bar{u}) = 0,078 \bar{u} \cdot 10^{-3} + 2,703 \bar{u}^2 \cdot 10^{-5}.$$

In tale ipotesi la relazione (6), sempre trascurando l'influenza degli errori periodici, diventa:

$$(6') \quad \frac{t_{i+j} + \bar{t}_{i+j}}{2} = T_1 + \frac{j}{20} \Delta R_1 \sec \delta + \\ + \frac{\sec \delta}{2} \sum_{k=1}^j \Delta R_2 \cdot \Delta t^{(R)}_{(i+k) - [i + (k-1)]}.$$

In quest'ultima nell'ultimo termine può essere posto  $\Delta t^{(R)} = \Delta \bar{u}$   $\Delta R_2 = f(\bar{u})$ .

Considerando ora  $\Delta \bar{u}$  come l'incremento della variabile  $\bar{u}$ , il valore del termine in questione può essere calcolato con sufficiente approssimazione mediante l'integrale:

$$\Delta T_{\bar{u}} = \int_{\bar{u}_1}^{\bar{u}_2} f(\bar{u}) d\bar{u},$$

in cui  $\bar{u}_1$  e  $\bar{u}_2$  rappresentano la frazione di rivoluzione di partenza (corrispondente al contatto  $i$ ) e la frazione di rivoluzione corrispondente alla posizione del contatto  $j$  (dopo il primo) durante l'osservazione del passaggio.

Sostituendo ad  $f(\bar{u})$  il suo valore, dato da  $\Delta R_2$ , si ha la correzione:

$$\Delta T_{\bar{u}} = 0,039 (\bar{u}_2^2 - \bar{u}_1^2) \cdot 10^{-3} + 0,901 (\bar{u}_2^3 - \bar{u}_1^3) \cdot 10^{-5}.$$

L'errore complessivo sull'istante medio del passaggio in meridiano dopo  $j$  contatti dal primo nelle due posizioni dello strumento sarà quindi dato in definitiva dalla relazione

$$(7) \quad \varepsilon_{(n)}^{(s)} = \frac{u^{(R)}}{4} \Delta R_1 \sec \delta + \frac{\sec \delta}{2(j+1)} \sum_j \Delta T_{\bar{u}}.$$

Nella Tabella VIII sono indicati, in funzione di  $j$ , i valori che la quantità  $\sum \Delta T_{\bar{u}}/2(j+1)$  assume per  $\bar{u}$  compreso tra  $-3$  e  $-1$  (inizio dell'osservazione con cerchio ad West) e per  $\bar{u}$  compreso tra  $+3$  e

+ 1 (inizio dell'osservazione con cerchio ad Est). Questi due intervalli corrispondono, approssimativamente, agli intervalli utilizzati durante le osservazioni astronomiche con stelle del Catalogo Fondamentale.

TABELLA VIII

<i>j</i>	<i>u</i>	$\sum_j \Delta T_u / 2 (j + 1)$	
		Est	West
		(10 <sup>-3</sup> sec)	(10 <sup>-3</sup> sec)
0	0	0.0	0.0
2		- 0.1	+ 0.1
4		- 0.2	+ 0.2
6		- 0.3	+ 0.3
8		- 0.4	+ 0.4
10	1	- 0.5	+ 0.5
12		- 0.6	+ 0.5
14		- 0.7	+ 0.5
16		- 0.7	+ 0.6
18		- 0.8	+ 0.6
20	2	- 0.8	+ 0.7

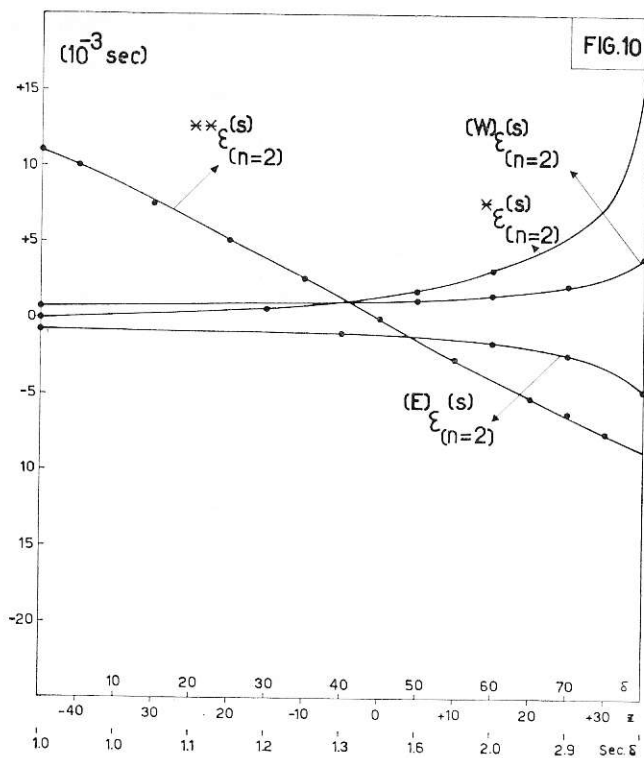
Inoltre nella fig. 10 è rappresentato l'andamento delle funzioni di  $\delta$  contenute in  $\Delta R_1$ , e cioè:

$$* \varepsilon_{(u=2)}^{(s)} = 3,38 (\sec \delta - 1) \cdot 10^{-3},$$

$$** \varepsilon_{(u=2)}^{(s)} = - 1,55 \sin z \cdot 10^{-2}$$

ed inoltre delle funzioni (una per ciascuna posizione di inizio dello strumento),

$${}^{(E,W)} \varepsilon_{(u=2)}^{(s)} = \frac{\sec \delta}{2 (j + 1)} \sum_j \Delta T_u.$$



Il valore numerico dell'errore complessivo in una normale determinazione di tempo ( $u \approx 2$ ), con inizio delle osservazioni ad Est ed a West, si può quindi rappresentare con le relazioni,

$${}^{(E)}\varepsilon_{(u=2)}^{(s)} = \frac{1}{2} \left[ {}^{(E)}\varepsilon_{(u=2)}^{(s)} + * \varepsilon_{(u=2)}^{(s)} + ** \varepsilon_{(u=2)}^{(s)} + \Delta R_{\tau} \right] \sec \delta,$$

$${}^{(W)}\varepsilon_{(u=2)}^{(s)} = -\frac{1}{2} \left[ {}^{(W)}\varepsilon_{(u=2)}^{(s)} + * \varepsilon_{(u=2)}^{(s)} + ** \varepsilon_{(u=2)}^{(s)} + \Delta R_{\tau} \right] \sec \delta.$$

nelle quali

$$\Delta R_{\tau} = 0,0004 - 7,079 \tau \cdot 10^{-4}. \quad (\tau \text{ in } ^{\circ}\text{C})$$

## 6. - Conclusioni.

Le conclusioni di questo lavoro ci sembrano acquistare particolare interesse nel quadro dei tentativi e delle ricerche attualmente in sviluppo tendenti a migliorare almeno di una unità decimale la precisione delle osservazioni astronomiche. Queste ultime nel campo della astrometria meridiana convenzionale, permettono infatti di determinare il tempo con una precisione di circa 10 msec.

I dati riportati nella Tabella V, per quanto riguarda l'influenza della temperatura, i diagrammi di fig. 10 e la forma dell'espressione generale (7'), che rappresenta la somma degli errori di origine *strumentale* e *personale*, giustificano eloquentemente l'ordine di grandezza degli errori calcolati a posteriori nelle determinazioni meridiane di tempo. Questi errori, del tipo  $\Delta\alpha_\delta$ , risultano parzialmente eliminati nelle determinazioni di tempo osservando numerose stelle orarie in ambedue le posizioni dello strumento. I loro effetti si riversano invece completamente sui risultati delle osservazioni di azimut in meridiano e nella determinazione delle A.R.

In particolare si deve notare che sia il termine dipendente dal moto apparente della stella (termine in *sec  $\delta$*  di origine personale) sia quello funzione della distanza zenitale (termine in *sin  $z$* ) risultano tutt'altro che trascurabili. E' lecito pensare che ambedue questi errori potranno essere notevolmente ridotti usando un micrometro impersonale a trascinamento automatico del filo mobile, e studiando opportunamente la stabilità e l'azione delle molle di contrasto del micrometro stesso.

I risultati qui raggiunti mostrano d'altra parte l'utilità di un maggiore approfondimento di queste questioni in almeno due direzioni:

(a) verificando la stabilità delle soluzioni qui trovate in funzione del tempo;

(b) estendendo lo studio a declinazioni elevate (i diagrammi degli errori di fig. 10 sono stati necessariamente limitati a declinazioni modeste poichè il materiale esaminato era pressochè privo di stelle circumpolari) allo scopo di pervenire direttamente alla determinazione dei singoli errori delle stelle circumpolari osservate.

Lo studio rigoroso delle costanti micrometriche e la possibilità di pervenire attraverso questo studio alla conoscenza degli errori siste-

matici delle determinazioni di tempo sembra confermare l'opinione che nella determinazione del tempo, e più in particolare nella determinazione del cerchio delle ascensioni rette (ricerche di catalogo), questi strumenti sono in grado di fornire precisioni ben più elevate di quelle normalmente raggiungibili, a condizione che lo strumento e le sue prestazioni siano oggetto di controlli minuziosi e rigorosi, in modo da mettere in evidenza particolari errori sistematici di tipo strumentale ed anche di origine personale. Alcuni di questi errori, come mostra la (7'), possono poi essere direttamente corretti a posteriori.

#### BIBLIOGRAPHY

- [1] PILNIK G. P., Trudy 12-j Astrometrič Konfer. SSSR, 282, 1957.
-



## CONTRIBUTI DELL'OSSERVATORIO ASTRONOMICHO DI MILANO-MERATE

### NUOVA SERIE

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 Epectrum 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.
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 determination du facteur de qualité du Système Balancier - Spiral d'un oscillateur mecanique.
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 - Spectrographie Observations of the 1962 Eclipse 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 Döllén 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. MARTINENGI - Programmi di riduzione su calcolatore elettronico delle Osservazioni Astronomiche di Tempo e di Azimut.

(Continua in IV di copertina)

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.
252. G. DE FAZIO, F. JOB, E. PROVERBIO - Programmazione delle osservazioni di stelle in meridiano col metodo di Döllén mediante Calcolatore IBM 1620.
253. M. FRACASSINI, L. PASINETTI - Il contributo cometario alla luce zodiacale ed all'airglow.
254. E. PROVERBIO, F. CHLISTOVSKY - Determinazione astronomica degli errori personali assoluti nelle osservazioni di tempo e ricerche sugli errori di catalogo.
255. J. O. FLECKENSTEIN - Risultati definitivi delle osservazioni di latitudine all'Osservatorio di Brera durante l'anno Geofisico 1957-1958.
256. A. MANARA - Sulla determinazione del sorgere e della velocità angolare dei satelliti artificiali per l'orizzonte di Milano.
257. C. DE CONCINI - E. PROVERBIO - Determinazione astronomica degli Azimut reciproci e dei residui di Laplace lungo la geodetica Aquileia-Opicina.
258. E. PROVERBIO - Preliminary declination corrections of the Milan latitude zenith program.
259. E. PROVERBIO - L'utilisation des pendules astronomiques dans la détermination des marées terrestres.
260. C. DE CONCINI - E. PROVERBIO - Studio e determinazione della rifrazione atmosferica laterale e verticale in Opicina.
261. J. O. FLECKENSTEIN - Le edizioni nazionali delle opere complete dei classici della storia delle matematiche dei secoli XVII e XVIII.
262. M. FRACASSINI - Applicazione del metodo di Grobur ai problemi della meccanica celeste.
263. M. FRACASSINI, L. PASINETTI - Riduzione automatica di spettri stellari.
264. E. PROVERBIO, F. CHLISTOVSKY - Determinazione e comparazione delle scale di tempo atomico e rotazionale.
265. E. PROVERBIO, FRANZ JOB - Ricerche sugli errori personali e strumentali nelle osservazioni di tempo con il metodo di Döllén.
266. A. MASANI, V. BORLA, A. FERRARI, A. MARTINI - Shock waves at High Temperatures I.
267. E. PROVERBIO - Time and longitude determinations with the Döllén method.
268. L. BUFFONI, A. MANARA - Sulla correzione dell'orbita di una sonda interplanetaria.
269. E. PROVERBIO - La determinazione del tempo delle effemeridi da osservazione di occultazioni lunari.
270. G. DE MOTTONI - Attività solare e fenomeni atmosferici su Marte nel 1956.