

LA DETERMINAZIONE DEL PASSO DEL MICROMETRO MEDIANTE COPPIE SCALARI E STUDIO DEI MOTI PROPRI DEL CATALOGO ZENITALE DI WASHINGTON

Nota di EDOARDO PROVERBIO (*)
(*Osservatorio Astronomico di Brera-Milano*)

SUMMARY. — A careful study for determining the value of a revolution of latitude's micrometer screw has been carried out by means of an observational program of scalar star pairs on the period 1962-1964.

The program includes star pairs derived from FK3 and Washington zenithal catalogue (SZW). The result analysis, amended for temperature and dampness effects, emphasizes a systematic difference between the two catalogues in the FK3-SZW sense of $-0''.52$.

On the hypothesis, suggested also by other autor (TELEKI 1959), that the system of the proper motion of SZW will not be very accurated, the corrections of the proper motions of the star pair of this catalogue has been determined. The correlation between the foregoing corrections and those calculated by the differences of the proper motion of the scalar pairs seems to confirme the proposed hypothesis.

RIASSUNTO. — Nel periodo 1962-1964 sono state effettuate osservazioni di coppie stellari scalari per la determinazione del passo e lo studio dei moti propri delle coppie osservate.

Il programma include coppie tratte dal FK3 e dal catalogo zenitale di Washington (SZW). I risultati mettono in evidenza una differenza sistematica fra i due cataloghi di $-0''.52$ nel senso FK3-SZW.

Accertata inoltre l'ipotesi confermata dai risultati delle osservazioni che il sistema dei moti propri del SZW non risulta del tutto rigoroso vengono determinate le correzioni dei moti propri delle coppie del catalogo SZW osservate.

INTRODUZIONE

Nelle determinazioni astronomiche di latitudine e di azimut effettuate con strumenti meridiani il valore del passo della vite micrometrica fornisce la scala rispetto alla quale sono basate le misure assolute e relative delle grandezze osser-

(*) Ricevuta il 20 Novembre 1968. Testo definitivo il 7 Dicembre 1968.

vate. Per questo motivo la determinazione del passo della vite e delle sue variazioni assume una fondamentale importanza nelle osservazioni astronomiche.

Tra i metodi discussi nella letteratura quello basato sull'impiego di coppie stellari ha suscitato in questi ultimi anni un indubbio interesse, soprattutto in seguito alla proposta fatta da PRODAN e NESTEROV [1958] di utilizzare coppie scalari ampie. Un catalogo di coppie scalari ampio è stato recentemente compilato ed utilizzato da GURSTEJN [1965]. Quando le distanze sono invece più modeste, può essere utilizzato alle nostre latitudini il catalogo di stelle zenitali impiegato nelle osservazioni del PZT di Washington [SOLLENBERG 1945]. FEDOROV [1948] trasse da questo catalogo un programma per la determinazione del passo che successivamente venne usato dallo stesso FEDOROV e con qualche variante da TELEKI [1959].

Nel lavoro di TELEKI vengono messe in evidenza alcune singolari deviazioni dei valori del passo in relazione all'impiego di determinate coppie di stelle. Queste deviazioni sono state correlate con non improbabili e sensibili inesattezze nel sistema dei moti propri del catalogo di Washington. Questa supposizione non può essere del tutto esclusa se si considera il fatto, che i moti propri relativi di questo catalogo, così come il sistema delle declinazioni, sono stati determinati con metodi indiretti, basati sulla compensazione dei valori delle latitudini osservate, e ridotti al FK3 tenendo conto di osservazioni effettuate con strumenti meridiani. D'altra parte l'esistenza di errori sistematici nel sistema della declinazione e dei moti propri, dovuti a errori costanti e progressivi nei sistemi di scale adottate è ipotizzato dallo stesso SOLLENBERG che fornisce di questi errori gli errori probabili $0''.12$ e $0''.10$, rispettivamente per la declinazione ed i moti propri.

Nel 1962 sono iniziate, allo strumento Ap 100 munito del doppio micrometro di Milani, osservazioni sistematiche di coppie scalari tratte dal catalogo di Washington parallelamente ad osservazioni di coppie tratte dal catalogo FK3. Lo scopo di queste osservazioni è stato duplice, e cioè verificare la precisione interna ed esterna, rispetto al FK3, del catalogo di stelle zenitale di Washington (SZW). In totale nel periodo 1962-1965 sono state osservate 117 coppie, di cui 52 appartenenti al SZW e 65 al FK3.

La declinazione media δ_T relativa all'epoca T è stata calcolata con la formula

$$\delta_T = \delta_{1925.0} + T(\text{var. sec.}) + T^2(2 \text{ term.}) + T^3(3 \text{ term.}),$$

dove T è l'intervallo dal 1925 in unità di 100 anni tropici. I valori delle quantità (var. sec.), (2 term.) e (3 term.), tratti dal SZW [SOLLENBERG 1945], sono basati sulla costante della precessione di Newcomb e contengono i termini dovuti al moto proprio u' sulla precessione. Non si è invece tenuto conto, data l'eseguità, delle variazioni secolari (var.) dei moti propri.

Nel programma di osservazione anche le poche stelle tratte dal GC sono state ridotte al FK3, partendo dai valori medi e dalle costanti precessionali del GC ed utilizzando le correzioni $\Delta\delta = \text{FK3} - \text{GC}$ che si trovano sulle *Astr. Ezeg. SSSR*, calcolate per mezzo delle tavole fornite da KOPFF [1940].

DETERMINAZIONE DEL VALORE DEL PASSO

Per la determinazione del valore del passo della vite di declinazione del micrometro doppio in α e δ di Milani si è fatto ricorso alla relazione

$$(1) \quad (\delta_2 - \delta_1) = (z_1 - \rho_1) - (z_2 + \rho_2) \pm \Delta i ,$$

nella quale z_i e ρ_i rappresentano rispettivamente le distanze zenitali osservate e le correzioni per la rifrazione, mentre la correzione per la variazione dell'inclinazione Δi durante le osservazioni delle coppie, possiede il segno della differenza di inclinazione fra la prima e la seconda coppia per le osservazioni iniziate nella posizione W , il segno contrario per quelle iniziate nella posizione E .

Sostituendo nella (1)

$$z_1 - z_2 = (R_0 + \Delta R) | M_2 - M_1 | ,$$

dove $R_0 = 59''.800$ è il valore convenzionale del passo utilizzato, ΔR la correzione incognita, ed $|M_2 - M_1|$ il valore della differenza delle letture sul tamburo della vite micrometrica corretta per gli errori progressivi [PROVERBIO 1965], si perviene all'eguaglianza,

$$\begin{aligned} (\delta_2 - \delta_1) \pm \Delta i - R_0 | M_2 - M_1 | - k \sec^2 z R_0 | M_2 - M_1 | \\ = \Delta R | M_2 - M_1 | + \Delta R k \sec^2 z | M_2 - M_1 | , \end{aligned}$$

avendo posto per la rifrazione differenziale,

$$\rho_1 - \rho_2 = k \sec^2 z (z_1 - z_2) . \quad (k = 2,90 \cdot 10^{-4})$$

Da cui, trascurando l'ultimo termine nel secondo membro, si ottiene infine la relazione utilizzata per la determinazione delle correzioni ΔR ,

$$(2) \quad \Delta R = \frac{1}{|M_2 - M_1|} \left[(\delta_2 - \delta_1) - R_0 | M_2 - M_1 | - k \sec^2 z | M_2 - M_1 | \pm \Delta i \right] .$$

Nessuna correzione è stata aggiunta per la curvatura differenziale del parallelo ΔC , che può essere espressa dalla relazione,

$$\Delta C = 5,45 \cdot 10^{-4} \sec^2 \delta F^2 \Delta \delta ,$$

poiché tale correzione risulta al più di $0''.01$.

Il valore medio pesato delle quantità $\Delta R^{(i)}$, risulta,

$$\overline{\Delta R} = + 0'' , 177 \pm 0'' , 015$$

essendo i pesi eguali alla differenza $|M_2 - M_1|$ e cioè proporzionali alla larghezza $\Delta \delta$ della coppia.

Utilizzando quest'ultimo valore sono stati calcolati gli scarti,

$$\Delta_2 R^{(i)} = \overline{\Delta R} - \Delta R^{(i)} .$$

Al fine di epurare i valori $\Delta_2 R^{(i)}$ dalla presenza di variazioni sistematiche del

passo dipendente dalla temperatura e dalla umidità dell'aria, le quantità $\Delta_2 R^{(i)}$ sono state utilizzate per calcolare, per mezzo di equazioni di osservazione del tipo,

$$\Delta_2 R^{(i)} = \alpha (t^{(i)} - t_0) + \beta (u^{(i)} - u_0) + r^{(i)},$$

il coefficiente termico α e quello dipendente dall'umidità β , dove il termine $r^{(i)}$ rappresenta i residui di osservazioni, mentre le temperature $(t^{(i)} - t_0)$ e le umidità $(u^{(i)} - u_0)$ sono relative alla temperatura $t_0 = + 10^\circ\text{C}$, ed alla umidità $u_0 = 75\%$. Risolvendo il sistema di equazione di condizione col metodo dei minimi quadrati si sono trovati per i coefficienti α e β i valori,

$$\alpha = (-1,56 \pm 0,03) \cdot 10^{-3},$$

$$\beta = (+1,17 \pm 0,04) \cdot 10^{-4}.$$

Utilizzando questi valori si è proceduto poi al calcolo delle correzioni $\Delta_2 R_c^{(i)} = \alpha (t^{(i)} - t_0) + \beta (u^{(i)} - u_0)$, con le quali sono state successivamente ottenute le quantità

$$*\Delta R^{(i)} = \Delta R^{(i)} + \Delta_2 R_c^{(i)},$$

Il valore medio pesato di queste quantità è risultato,

$$*\overline{\Delta R} = + 0'', 186 \pm 0'', 012.$$

Calcolando invece il valore medio dei valori $*\Delta R^{(i)}$ relativi alle coppie (j) appartenenti al catalogo FK3 e successivamente al catalogo SZW si trovano i seguenti valori,

$$(3) \quad \overline{\Delta R}_{FK3} = + 0'', 170 \pm 0'', 010,$$

$$\overline{\Delta R}_{SZW} = + 0'', 214 \pm 0'', 020.$$

Questi risultati sono, a nostro avviso, sufficientemente significativi. Innanzitutto il fatto che l'errore medio calcolato di $\overline{\Delta R}_{SZW}$ risulti il doppio di quello relativo alla correzione $\overline{\Delta R}_{FK3}$ basata sul catalogo FK3 non può essere attribuito ad un caso fortuito ed è quindi la conseguenza di una dispersione molto più ampia dei valori $\Delta R_{SZW}^{(i,j)}$ rispetto ai valori $\Delta R_{FK3}^{(i,j)}$. Inoltre tenendo conto che il valore medio del peso di queste due ultime quantità, e cioè, per quanto detto in precedenza sui pesi adottati, il valore medio dell'ampiezza media pesata $\Delta\delta$, risulta approssimativamente $\Delta\delta = 13 \Delta R$, avendosi dalle (3),

$$\overline{\Delta R}_{FK3} - \overline{\Delta R}_{SZW} = - 0'', 044 \pm 0'', 022,$$

si può dedurre la differenza sistematica,

$$\Delta\delta_{FK3} - \Delta\delta_{SZW} = - 0'', 52 \pm 0'', 29,$$

il cui significato potrà essere meglio compreso dall'analisi dei residui calcolati a partire dai singoli valori dati dalle (3).

ANALISI DEI RESIDUI E CORREZIONE DEI MOTI PROPRI

Se si considerano infatti i residui,

$$\Delta_3 R_{(k)}^{(i)} = \overline{\Delta R}_{(k)} - {}^* \overline{\Delta R}^{(i)} \quad (k = FK3, SZW)$$

e si calcolano poi le medie $\overline{\Delta_3 R}_{(k)}^{(j)}$ delle quantità $\Delta_3 R_{(k)}^{(i)}$ rispetto all'indice (j), si ottengono per ogni singola coppia i valori riportati nella Tabella I.

Gli errori quadratici medi relativi alle quantità $\overline{\Delta_3 R}_{FK3}^{(j)}$, calcolati per tutte le coppie delle quali si disponeva di un numero di osservazioni $n_j \geq 2$, se si esclude la coppia $j = 3$, sono più o meno dello stesso ordine delle quantità stesse, che risultano in generale abbastanza esigue. Tenendo conto che il valore medio pesato degli errori medi risulta $\pm 0''{,}033$ e che il peso medio di ogni osservazione è di 4,0, si può dedurre che il valore medio pesato di ogni singola osservazione è approssimativamente eguale a $\pm 0''{,}07$. Tale è l'errore attribuito (entro parentesi rotonda) al residuo $\Delta_3 R$ relativo alla coppia 38, della quale si dispone di un'unica osservazione.

Attribuendo ora ai residui $\Delta_3 R_{FK3}$ il significato di errori originati direttamente dall'imprecisione con cui sono conosciuti i moti propri nel sistema del FK3, ne risultano le correzioni delle differenze dei moti propri riportati nella colonna δ/μ'_{FK3} , calcolate tenendo conto che l'epoca media del FK3 è il 1900 e l'epoca media delle osservazioni il 1963.

Se si confrontano queste correzioni con le differenze Δ/μ'_{FK3} dei moti propri del catalogo FK3, utilizzati nel calcolo delle declinazioni, non appare alcuna probabile correlazione fra le due serie di dati.

Conclusioni completamente diverse si traggono invece dalle analisi dei valori $\overline{\Delta_3 R}_{SZW}^{(j)}$ relativi ai residui delle osservazioni effettuate con le coppie scalari appartenenti al catalogo di Washington e riportate nella Tabella I. Innanzitutto le quantità $\overline{\Delta_3 R}_{SZW}^{(j)}$, delle quali si sono potuti determinare gli e.q.m., risultano in generale molto più significative e di importi spesso notevoli. Tale considerazione può essere estesa, certamente con minore attendibilità, anche alle coppie di cui si disponga di un unico valore, se si tiene conto che il valore medio pesato di una singola osservazione, calcolato sulla base del valore medio pesato degli e.q.m. ($\pm 0''{,}047$) e del peso medio di questa quantità (5, 1) risulta in questo caso $\pm 0''{,}11$.

Questi residui, come si può facilmente constatare, non risultano funzione né della magnitudine delle coppie osservate né dell'ampiezza delle coppie stesse. Essi devono quindi essere attribuiti ad errori nelle posizioni medie o ad errori nei moti propri. D'altra parte i valori delle correzioni (secolari) delle coppie δ/μ'_{SZW} , calcolati tenendo conto di un intervallo di 33 anni fra l'epoca media (1930) del catalogo SZW e l'epoca media delle osservazioni, risultano troppo elevati per essere attribuiti alle declinazioni delle coppie. Al contrario, essi potrebbero essere giustificati ammettendo una imprecisione nel sistema dei moti

TABELLA I

(j)	(n ₁)	$\Delta_3 R_{FK3}^{(1)}$ (0".01)	δ/μ'_{FK3} (var. sec.)	Δ/μ'_{FK3} (var. sec.)	(j)	(n ₁)	$\Delta_3 R_{SZW}$ (0".01)	δ/μ'_{SZW} (var. sec.)	Δ/μ_{SZW} (var. sec.)
2	2	- 8 ± 7	-0".9	-11".2	6	1	+18(±11)	+6".7	+ 0".66
3	5	-13 ± 6	-1.3	- 1.2	7	1	0(±11)	0.0	- 0.38
4	3	0 ± 1	0.0	+ 2.7	12	1	-24(±11)	-5.8	+ 0.93
8	4	+ 5 ± 2	+2.1	+10.8	16	5	+ 8 ± 3	+1.2	+ 8.52
9	2	+ 6 ± 5	+0.6	+ 4.7	17	3	+ 3 ± 6	+0.5	- 1.10
11	5	- 2 ± 2	-0.8	+ 0.9	19	1	- 2(±11)	-0.8	- 3.02
13	2	+ 2 ± 6	+0.3	- 2.1	20	5	- 8 ± 2	-3.4	+ 0.93
14	2	+ 2 ± 3	+0.9	- 9.3	22	2	-19 ± 17	-5.2	- 5.98
15	6	- 6 ± 6	-0.9	- 4.4	23	1	- 1(±11)	-0.4	+ 0.16
18	9	+ 2 ± 3	+0.7	+ 0.5	36	1	+30(±11)	+6.2	-11.97
27	2	+ 3 ± 2	+1.2	- 1.2	37	1	-18(±11)	-5.7	- 9.32
38	1	0(± 7)	0.0	+ 5.6	43	1	- 1(±11)	-0.3	- 2.11
44	6	+ 3 ± 2	+1.2	+14.4	45	7	-15 ± 5	-1.6	- 2.08
47	3	+ 3 ± 1	+1.3	- 2.9	46	9	+ 8 ± 4	+2.3	+ 2.21
49	2	+ 2 ± 1	+0.4	- 0.5	48	7	+ 5 ± 2	+1.7	- 0.47
52	2	+ 6 ± 4	+0.4	- 5.4	50	5	+10 ± 4	+1.9	+ 1.09
54	6	+ 6 ± 4	+2.2	- 5.2	53	1	-24(±11)	-4.5	+ 6.40

propri del catalogo SZW che, come si è già detto, è caratterizzato da un errore medio probabile di $\pm 0'',10$ è cioè dello stesso ordine dell'errore probabile di una osservazione ($\pm 0'',08$) di coppie in questo stesso sistema (Fig. 1).

Se confrontiamo infine le differenze Δ/μ'_{SZW} fra i moti propri delle coppie del catalogo SZW ed i valori δ/μ'_{SZW} delle coppie per le quali si dispone di un numero di osservazioni $n_j \geq 2$, e quindi sufficientemente attendibili, si nota una

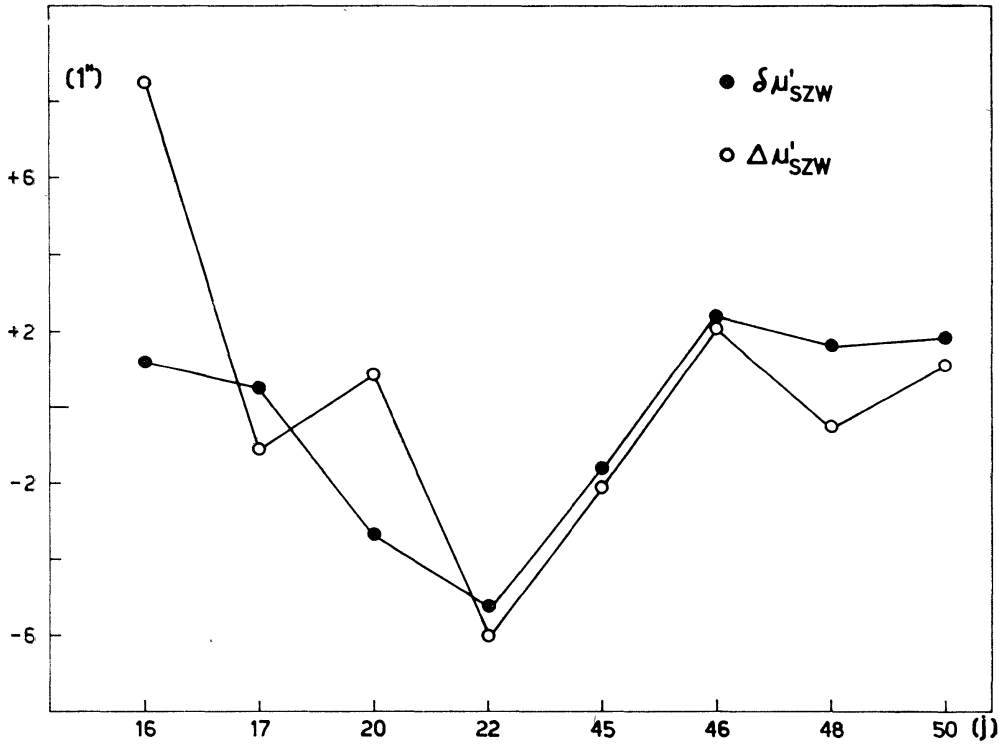


Fig. 1 - Correlazione fra le correzioni osservate δ/μ' dei moti propri secolari delle coppie del catalogo SZW e le differenze Δ/μ' fra i moti propri delle stesse coppie.

evidente quanto singolare correlazione. Tale correlazione risulta ancora più chiara dalla Fig. 1 nella quale sono riportate in funzione di (j) le quantità calcolate Δ/μ'_{SZW} ed osservate δ/μ'_{SZW} . Poiché un analogo comportamento è stato messo in evidenza da TELEKI [1959], utilizzando il materiale osservativo pubblicato da FEDOROV [1948], sembra chiaro che i moti propri in declinazione del catalogo di Washington presentano incertezze tali da introdurre nelle attuali osservazioni errori sensibili nella determinazione del valore del passo.

Per ovviare a questo inconveniente una revisione del sistema dei moti propri del catalogo di Washington ci sembra del tutto necessaria.

BIBLIOGRAFIA

- FEDOROV, E. P. 1948, *Trudy Polt. grav. Obs.*, II, 79.
GURSTEIN, A. A. 1965, *SGAI Sternber*, 140-141, 17.
KOPFF, A. 1940, *Abh. Pruss. Akad. Wiss., Math.-nat. Kl.*, N. 18.
PRODAN, J. I., NESTEROV, Z. Z. 1958, *A. C.*, 193, 17.
PROVERBIO, E. 1965, *Mem. SAI*, XXXVI (1-2).
SOLLENBERG, P. 1945, *Astr. J.*, 51, N. 1153, 145.
TELEKI, G. 1959, *Bull. Obs. Astr. Beog.*, 1-2, 29.