
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI
RENDICONTI

EDOARDO PROVERBIO

**La determinazione del tempo delle effemeridi da
osservazioni di occultazioni lunari**

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 42 (1967), n.4, p. 481–485.*

Accademia Nazionale dei Lincei

<http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1967_8_42_4_481_0>

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

*Articolo digitalizzato nel quadro del programma
bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica)*

SIMAI & UMI

<http://www.bdim.eu/>

Astrometria. — *La determinazione del tempo delle effemeridi da osservazioni di occultazioni lunari.* Nota di EDOARDO PROVERBIO, presentata (*) dal Socio F. ZAGAR.

SUMMARY. — In order to determine the values of $\Delta T = T.E. - T.U.$ the occultation observations carried out from 1956 to 1965 have been corrected for limb corrections by Watt's atlas and referred to the *Astronomical Ephemeris* and *Improved Lunar Ephemeris*.

The values determined for ΔT confirm the progressive increase of the T.E.-T.U. and the corresponding retardation of the earth for the examined period.

L'osservazione del moto lunare rappresenta, come è noto, uno dei metodi più efficaci per la definizione operativa del Tempo delle Effemeridi (T.E.). In particolare dall'osservazione di occultazioni lunari è possibile la comparazione del Tempo Universale (T.U.) con le effemeridi gravitazionali nelle quali l'argomento è la misura del tempo definito dalle tavole del Sole di Newcomb. La determinazione della differenza

$$\Delta T = T.E. - T.U.$$

è possibile mediante la riduzione delle effemeridi lunari determinate sulla base delle tavole del moto della Luna del Brown, che non risultano strettamente gravitazionali, al sistema delle tavole del Sole di Newcomb mediante le relazioni.

$$(1) \quad \Delta T = 24^s 349 + 72^s 318 T + 29^s 950 T^2 + 1,82144 B,$$

$$B = \Delta L + 10,71 \sin (140^{\circ} T + 240^{\circ} 7) - (4,05 + 12,96 T + 5,22 T^2),$$

nelle quali T è espresso in frazione di secolo a contare dal 1900,0 e ΔL è la differenza fra la longitudine osservata della Luna all'istante di T.U. e riferita all'equinozio di Newcomb e la longitudine della Luna calcolata dalle tavole del Brown.

Nel caso che le effemeridi lunari siano invece dedotte direttamente dalla teoria del moto della Luna, così come è fatto in tutte le grandi effemeridi dal 1960 utilizzando le *Improved Lunar Ephemeris* i valori di ΔT si ottengono immediatamente dal confronto delle longitudini osservate e calcolate.

Il tempo delle effemeridi così determinato non coincide tuttavia rigorosamente con il T.E. definito dalla teoria e costituisce un tempo delle effemeridi osservato od operativo (T.E.O.) la cui definizione è tuttavia essenziale sia per il confronto a lungo termine con le effemeridi della Luna sia per l'analisi delle variazioni nella rotazione della Terra.

Utilizzando i dati delle osservazioni di occultazioni lunari effettuate dal sottoscritto negli anni dal 1956 al 1965 [1] è stata possibile la determinazione delle correzioni ΔT e cioè, in ultima analisi, la definizione di una scala di T.E.O. basata su queste stesse osservazioni.

(*) Nella seduta dell'8 aprile 1967.

TABELLA I.

DATA	N.Z.C.	$\Delta\sigma$	$\Delta\sigma^*$	DATA	N.Z.C.	$\Delta\sigma$	$\Delta\sigma^*$
56 06 15	1713	- 1",5	- 1",7	59 10 06	2390	- 2",0	- 1",4
56 08 16	2635	- 3",0	- 2",7	59 12 06	3334	- 2",5	- 1",6
56 09 13	2734	- 2",3	- 2",4	63 03 03	1387	- 2",2	- 2",3
56 09 14	2865	- 2",1	- 2",0	63 05 27	1312	- 0",4	- 0",2
56 10 23	0837	+ 2",4	+ 2",6	63 05 27	1312	- 1",5	- 1",3
56 12 07	3093	- 2",8	- 2",0	63 06 26	1596	+ 0",7	+ 0",6
57 03 11	1141	- 3",0	- 3",0	63 06 26	1596	+ 0",4	+ 0",3
57 03 12	1281	- 1",9	- 1",8	63 09 26	2754	- 1",1	- 1",4
57 03 13	1397	+ 0",4	\pm 0",0	63 09 26	2754	- 1",1	- 1",4
57 04 05	0793	+ 4",2*	+ 3",2*	63 10 29	3536	+ 0",1	- 0",2
57 04 05	0798	- 1",0	- 0",7	63 10 29	3536	+ 0",1	- 0",2
57 04 06	0947	- 1",8	- 1",2	63 11 21	2928	- 0",3	- 0",4
57 05 04	1172	+ 0",2	\pm 0",0	63 11 21	2928	- 0",3	- 0",4
57 06 05	1655	+ 1",8	+ 2",1	63 12 23	0018	- 0",1	- 0",7
57 06 05	1778	- 1",2	- 1",2	65 02 09	0532	+ 0",5	- 0",1
57 08 06	2638	+ 1",3	+ 0",8	65 02 10	0700	- 1",7	- 1",5
57 10 27	2629	- 2",4	- 2",3	65 02 11	0859	- 0",7	- 1",7
58 01 28	0450	- 0",8	- 1",5	65 02 11	0865	- 0",9	- 0",7
58 02 26	0643	- 1",5	- 2",1	65 02 11	0865	- 1",0	- 0",7
58 08 22	2408	- 1",1	- 1",7	65 05 06	1208	+ 0",3	- 0",1
59 01 12	3285	- 1",8	- 2",3	65 05 06	1208	+ 0",6	+ 0",2
59 01 13	3411	- 2",2	- 2",1	65 05 10	1702	- 0",1	- 0",1
59 02 21	1341	- 3",0	- 2",7	65 05 12	1921	+ 0",8	+ 0",4
59 03 20	1281	- 2",9	- 1",7	65 05 12	1924	+ 1",0	+ 0",8
59 04 12	0729	- 0",3	- 0",5	65 05 13	2033	- 1",0	- 0",7
59 09 11	2764	- 1",6	- 1",4	65 10 05	3160	+ 0",3	+ 0",2
59 09 23	0692	- 2",6	- 2",7	65 10 05	3158	- 1",0	- 0",6

(*) Peso 1/2.

Nella Tabella I sono raccolti i risultati delle osservazioni della quantità $\Delta\sigma$ ricavati direttamente dalle osservazioni di occultazione riferite al TU2 locale. Questi risultati sono tuttavia affetti dagli errori dovuti alle irregolarità del bordo lunare. Le correzioni per il bordo lunare apportate alla quantità osservata $\Delta\sigma$ facendo uso delle tavole di Watts [2] hanno permesso di ottenere i valori corretti $\Delta\sigma^*$ delle differenze tra i semidiametri lunari osservati e quelli apparenti.

I valori $\Delta\sigma$ e $\Delta\sigma^*$ relativi al periodo 1956-1959 dipendono dalle effemeridi lunari di Brown, di conseguenza le correzioni δL e δB della longitudine o della latitudine della Luna sono state ricavate di anno in anno utilizzando il metodo dei minimi quadrati da equazioni di condizione del tipo,

$$\Delta\sigma^* = \cos(\rho - \chi) \delta L^* + \sin(\rho - \chi) \delta B^*,$$

e analoghe per $\Delta\sigma$, in cui $(\rho - \chi)$ è l'angolo tra la direzione del moto della Luna e la direzione della stella occultata dal centro della Luna. Per le osservazioni basate invece sull'uso delle effemeridi lunari corrette (I.L.E.) le equazioni di condizione impiegate sono state del tipo

$$\Delta\sigma^* = 0,549 \cos(\rho - \chi) \delta(\Delta T)^* + \sin(\rho - \chi) \delta B^*.$$

e analoghe per $\Delta\sigma$.

Nella Tabella II sono dati i valori calcolati delle quantità δL e δL^* anche per gli anni 1963 e 1965.

TABELLA II.

EPOCA	L	δL^*	ΔL	ΔT
1956.8	$-0^{\circ},97 \pm 0^{\circ},61$	$-0^{\circ},98 \pm 48$	$-3^{\circ},98$	$31^{\circ},81$
1957.5	$-0^{\circ},85 \pm 0^{\circ},62$	$-0^{\circ},75 \pm 47$	$-3^{\circ},75$	$32^{\circ},67$
1958.4	$-1^{\circ},64 \pm 0^{\circ},66$	$-1^{\circ},52 \pm 58$	$-4^{\circ},52$	$32^{\circ},29$
1959.5	$-2^{\circ},99 \pm 0^{\circ},19$	$-2^{\circ},34 \pm 19$	$-5^{\circ},34$	$32^{\circ},10$
1963.7	$-0^{\circ},56 \pm 0^{\circ},28$	$-0^{\circ},56 \pm 22$	$-0^{\circ},56$	$33^{\circ},98$
1965.4	$-0^{\circ},11 \pm 0^{\circ},26$	$-0^{\circ},11 \pm 22$	$-0^{\circ},11$	$34^{\circ},80$

Per ridurre le quantità δL^* alle vere correzioni della longitudine della Luna per le epoche medie di osservazione è necessario tenere conto della correzione empirica apportata alla longitudine media della luna nelle effemeridi di Brown che nel nostro caso risulta $-3^{\circ},00$. Le longitudini corrette ΔL sono pure riportate nella Tabella II. Utilizzando infine la relazione (1) sono state calcolate le correzioni ΔT che materializzano il tempo delle Effemeridi osservato relativo al sistema del catalogo N.Z.C.

È interessante notare (si veda la Tabella II) che l'applicazione delle correzioni per il bordo lunare riduce l'errore quadratico medio di ciascun valore δL da $\pm 0,44$ a $\pm 0,36$.

Nella fig. 1 sono illustrati graficamente i valori ΔT dati nella Tabella I (linea continua) e confrontati con quelli calcolati senza tenere conto della riduzione per il bordo lunare.

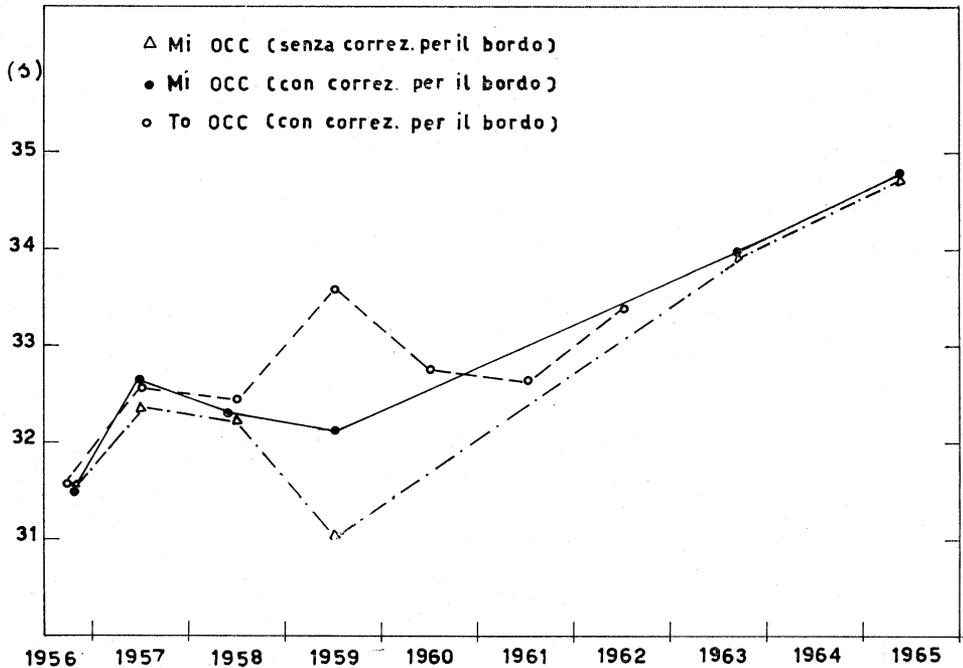


Fig. 1.

Come ulteriore termine di paragone sono riportati nella stessa figura i valori originali della correzione ΔT , sempre nel sistema di Brown, dedotti da osservazioni di occultazioni fotoelettriche effettuate dal 1956 al 1959 a Tokyo [3] ed in altre stazioni giapponesi [4].

I risultati di queste osservazioni mettono in evidenza a nostro avviso la grande utilità delle osservazioni astronomiche della Luna, in particolare delle occultazioni, per quanto riguarda la determinazione del Tempo delle Effemeridi a partire dalla scala di tempo universale (TU₂) ed il conseguente studio delle variazioni della Terra a lungo termine.

L'ordine di precisione raggiungibile attualmente nella determinazione del T.E. è di alcuni centesimi di secondo di tempo. Di conseguenza anche le osservazioni effettuate in un singolo Osservatorio sono suscettibili di fornire nel corso di parecchi anni la precisione necessaria per lo studio delle variazioni a lungo periodo della velocità di rotazione della Terra e per determinare, in termini del Tempo delle Effemeridi, la frequenza di un campione atomico di

frequenza. Questa analisi può essere effettuata anche indirettamente mediante l'impiego di segnali orari.

La costituzione di una scala di T.E. mediante osservazione di occultazioni lunari in tutti gli Osservatori nei quali esiste un servizio orario sarebbe quindi di fondamentale importanza per migliorare il valore convenzionale di $9\,192\,631,770$ Hz della frequenza del campione al cesio e per stabilire un sistema internazionale di confronto tra la scala di tempo atomico e la scala di tempo delle effemeridi.

BIBLIOGRAFIA.

- [1] E. PROVERBIO « Rend. Ist. Lomb. Sc. e Lettere », 92, (1958); E. PROVERBIO, « Rend. Ist. Lomb. Sc. e Lettere », 94, (1960); F. CHLISTOVSKY ed E. PROVERBIO, « Astron. Observ. of Milan », Circul. N. 22 (1967).
- [2] C. B. WATTS, « Astrom. Pap. », 17 (1963).
- [3] S. AOKI e Y. EUDÔ, « Tokyo Astron. Bull. », N. 124 (1960); S. IJIMA, S. OKASAKI, « Tokyo Astron. Bull. », N. 136 (1961).
- [4] S. AOKI ed ALTRI, « Tokyo Astron. Bull. », N. 167 (1965).