

ATTI  
DELLA  
REALE ACCADEMIA NAZIONALE  
DEI LINCEI

ANNO CCCXXI  
1924

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXXIII.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI  
PROPRIETÀ DEL DOTT. PIO BEFANI

1924

**Astronomia.** — *Osservazioni sul diametro del Sole, fatte nel R. Osservatorio di Roma sul Campidoglio.* Nota del Corrisp. G. ARMELLINI <sup>(1)</sup>.

I. — STATO ATTUALE DELLA QUESTIONE.

1. Come fu stabilito dalla Conferenza internazionale delle effemeridi, gli astronomi nel calcolo delle eclissi adottano come raggio apparente del Sole, alla distanza media, il valore di Auwers <sup>(2)</sup>, cioè:  $R = 15' 59'' 63$ . Noi non discuteremo per ora questo risultato, ricordando solo che esso viene adottato in forza di una convenzione.

Per la calcolazione delle effemeridi invece, occorre tener conto anche della irradiazione che aumenta un poco le dimensioni apparenti del disco solare; e qui non vi è ancora completa unità di vedute benchè la maggioranza degli astronomi, secondo lo stesso Auwers, adotti il valore  $16' 1'' 18$ .

D'altra parte non si sa ancora se, quando si parla del raggio del Sole, sia logico di assegnarne il valore fino al decimo, o, ciò che è peggio, fino al centesimo di secondo. È possibile infatti che il ciclo undecennale delle macchie solari sia connesso con una lieve variazione delle dimensioni del diametro, o che, in altre parole, il Sole sia una *stella pulsante*. E ciò tanto più che, secondo alcune moderne vedute, sembra che nelle *stelle Cefeidi* la variazione di luce sia dovuta non già ad un'eclisse ma ad una vera pulsazione dell'astro.

2. La questione, del resto, è già stata oggetto di molte discussioni tra gli astronomi che l'hanno studiata con lo *strumento dei passaggi* con l'*eliometro* e con la *fotografia*, senza però poter giungere a risultati sicuri.

Hilfiker <sup>(3)</sup> dell'Osservatorio di Neuchâtel pubblicò 3468 osservazioni fatte nel trentennio 1840-1870 con uno strumento dei passaggi di 115 mm. di apertura e due metri di distanza focale. Egli trovò che il diametro del Sole è *massimo* quando il numero delle macchie è *minimo* e viceversa: conclusione in cui convenne anche Secchi <sup>(4)</sup>.

Auwers <sup>(5)</sup> sostenne invece la costanza del diametro solare, ma più recentemente Schur ed Ambronn <sup>(6)</sup> intrapresero un nuovo esame della questione, prendendo per base le osservazioni fatte nel dodicennio 1890-1902

<sup>(1)</sup> Presentata nella seduta del 13 gennaio 1924.

<sup>(2)</sup> A. Auwers, *Neue Untersuchungen über den Durchmesser der Sonne* (Berlin, 1889).

<sup>(3)</sup> Cfr. Auwers, op. cit.

<sup>(4)</sup> Atti dell'Acc. dei N. Lincei, gennaio, 1872.

<sup>(5)</sup> A. Auwers, *Ueber eine angebliche Veränderlichkeit des Sonnendurchmessers* (Berlin, Monat. 1873).

<sup>(6)</sup> *Die Messungen des Sonnendurchmessers* (Astr. Mittheilungen der K. Sternwarte zu Göttingen, 1905).

con l'eliometro della specola di Gottinga. Essi giunsero alla conclusione che il Sole è realmente una stella pulsante <sup>(1)</sup> con un periodo compreso tra sei ed otto anni e con un'amplitudine di 0'',10 circa. Non poterono però trovare alcuna relazione tra il diametro dell'astro e l'andamento delle macchie.

Le loro osservazioni furono poi minutamente discusse da Ch. Lane in una bella Memoria pubblicata negli Annali dell'Accademia delle Scienze di New-York <sup>(2)</sup>. Insieme con esse, il Lane ha ripreso in esame le principali serie di osservazioni meridiane ed eliometriche eseguite sul Sole da Lindenau, Secchi, Hilfiker, Auwers, Newcomb, Holden ecc., giungendo alle seguenti conclusioni:

1) La forma esatta del Sole non è ancora conosciuta. In ogni caso però la differenza tra il diametro equatoriale ed il diametro polare, non può superare mezzo secondo di arco.

2) Il Sole è una stella pulsante in connessione col ciclo delle macchie. La pulsazione è dell'ordine del decimo di secondo.

Troppo lungo poi sarebbe riassumere i risultati fotografici; diciamo solo che nemmeno essi sono giunti a togliere con sicurezza ogni dubbio, soprattutto perchè i contorni delle immagini non si presentano sufficientemente precisi per misure di tal genere.

3. Stando così le cose, io credo che sarebbe certamente assai utile rinnovare una discussione analoga a quella dell'Hilfiker, basandosi sopra le osservazioni meridiane che da più di quarant'anni si fanno nel R. Osservatorio di Roma sul Campidoglio. Come il materiale trattato da Hilfiker, anche queste osservazioni vengono fatte con un eccellente strumento dei passaggi di Ertel, di dimensioni quasi identiche, proiettando sopra un apposito schermo i fili del micrometro e l'immagine del Sole assai ingrandita e prendendo quindi i contatti ad occhio e orecchio.

La prima serie dei lavori (Respighi-Di Legge) per varie cause, è in gran parte ancora non discussa. Col 1923 abbiamo iniziato una seconda serie, ed io ne comunico all'Accademia i soli risultati, sperando che l'Osservatorio possa avere in futuro la possibilità di pubblicare integralmente le osservazioni e le discussioni delle due serie.

Osservatori di questa seconda serie sono Gabriella Armellini-Conti, lo scrivente e il tecnico del Campidoglio Pietro Mignucci, i quali nella tabella seguente sono indicati rispettivamente con A C, A ed M. La durata del passaggio del disco solare al meridiano è espressa in mezzi secondi siderali ed ogni valore è fondato sopra *quattordici osservazioni* ottenute esaminando il passaggio dei due bordi ai sette fili centrali del micrometro. Poichè la cifra delle centinaia è sempre 2, essa è stata soppressa scrivendo p. es. 68 invece di 268 ecc. e così pure nelle date è soppresso l'anno che è sempre il 1923. Ciò posto ecco i risultati delle osservazioni:

<sup>(1)</sup> Schur e Ambronn trovarono anche che il Sole varia di *forma*; ma la questione importantissima ha bisogno di ulteriore conferma.

<sup>(2)</sup> *An investigation of the figure of the Sun and of possible variations in its size and shape.* By Ch. Lane: Annals of the New York Academy of Sciences, June 1909.

II. — TABELLA DELLE OSSERVAZIONI.

DATA	A	C	A	M	DATA	A	C	A	M	DATA	A	C	A	M
Gennaio	8	83.0	—	83.4	Aprile	3	57.8	57.9	58.2	Luglio	4	74.6	74.9	74.3
	3	83.6	—	83.3		4	58.6	58.4	58.8		5	74.0	74.4	74.0
	4	83.6	—	83.1		5	58.4	58.4	—		6	74.1	74.2	74.0
	8	82.9	—	82.2		11	58.7	58.6	59.0		7	74.2	74.1	73.7
	10	82.1	81.6	81.9		12	58.9	58.9	59.0		8	73.8	74.1	—
	14	—	80.6	80.6		13	59.0	59.3	59.2		9	73.4	73.8	73.2
	15	80.2	80.4	79.9		18	60.3	60.1	60.5		10	73.6	—	—
	17	79.6	78.9	79.3		19	60.6	60.6	60.7		11	72.9	—	—
	18	78.7	78.4	78.6		23	61.3	61.7	61.4		12	73.0	73.4	—
	19	78.4	79.7	78.6		24	61.6	61.0	61.6		14	72.3	72.9	—
	23	77.3	77.5	77.3		26	62.2	61.9	62.3		15	72.3	72.5	—
	24	76.5	77.2	76.6		28	63.0	63.1	62.7		16	71.8	72.1	—
	25	76.3	76.4	75.8		30	63.8	63.8	63.7		17	71.5	72.1	—
	26	76.1	76.6	75.8							18	71.5	71.5	—
	27	75.4	75.4	75.3							19	71.3	71.5	—
	28	—	75.4	74.8	Maggio	1	63.9	64.3	64.2		20	70.7	71.0	70.4
	29	74.7	74.7	74.3		2	64.3	64.3	64.2		21	70.4	70.9	70.2
	31	73.7	73.7	73.5		3	64.5	64.7	64.9		22	70.4	70.7	70.1
						4	64.5	64.7	65.0		26	68.6	69.0	68.5
						5	64.9	65.4	64.9		30	67.4	67.7	66.8
						6	65.3	65.5	65.5					
						7	65.6	66.0	65.9					
Febbraio	1	73.5	73.4	73.3		9	66.8	66.6	66.3	Ottobre	2	57.1	57.1	57.4
	2	72.8	73.2	72.6		13	68.0	68.1	—		15	60.9	—	60.2
	6	70.3	70.9	70.8		14	67.9	68.4	67.8		25	64.4	—	64.1
	7	70.8	70.4	70.3		15	68.2	68.3	68.3		26	64.2	64.2	64.3
	9	69.2	69.4	69.0		16	68.7	68.7	68.2		27	64.7	64.8	—
	10	69.5	68.8	69.0		21	70.3	70.4	70.4		28	65.6	65.3	—
	13	68.0	67.7	67.8		22	70.4	70.7	70.5		29	66.3	66.2	—
	14	67.9	67.5	67.1		23	70.4	71.0	70.7		30	66.3	—	—
	15	66.8	67.0	66.8		24	70.8	71.2	71.0		31	66.6	66.6	—
	16	66.6	66.3	—		25	70.9	71.6	71.2					
	18	65.7	65.9	—		26	71.7	72.2	71.4					
	26	63.4	63.0	62.8		29	72.2	72.7	72.7	Novem.	1	67.2	67.3	—
	28	62.3	62.0	61.8		31	72.8	73.2	72.9		2	67.7	68.0	—
											15	73.7	73.8	73.3
Marzo	2	—	71.9	71.3							16	74.2	74.0	73.8
	4	60.8	70.8	—	Giugno	1	73.3	73.4	72.9		17	74.5	74.5	74.2
	6	60.5	70.2	70.4		2	73.6	73.5	73.2		18	75.0	75.3	75.0
	7	60.6	70.6	70.9		3	73.4	73.6	73.3		19	75.7	—	—
	9	59.5	69.6	69.5		4	74.1	74.0	73.7		23	77.9	—	—
	10	60.1	69.5	69.7		5	74.3	74.1	74.0		30	80.0	80.4	80.3
	12	58.8	68.8	69.1		7	74.4	74.3	74.4					
	13	59.3	69.1	68.6		8	74.4	75.1	74.5					
	15	58.2	68.5	68.3		9	75.2	75.3	75.0	Dicem.	8	82.9	83.1	82.9
	16	58.9	68.6	68.9		10	74.6	75.3	—		13	84.3	—	83.7
	17	58.3	68.4	68.5		11	74.6	75.4	75.2		14	84.2	—	84.0
	21	57.9	67.7	67.6		12	75.9	75.3	74.9		15	84.2	84.2	84.2
	22	58.0	67.7	67.8		14	75.8	75.6	75.4		17	84.8	85.1	84.6
	25	—	67.5	67.7		16	74.8	75.3	75.1		21	84.7	84.6	84.5
	26	68.0	68.1	67.9		19	75.9	76.2	75.9		22	85.3	85.6	85.1
	27	58.0	—	67.9		23	75.7	75.6	75.1		24	84.9	84.9	84.5
	28	58.0	68.0	68.1		25	76.0	76.3	75.7		29	84.1	84.4	84.3
	29	57.8	67.8	67.8		26	75.8	75.6	75.4					
	30	58.2	68.2	68.1		49	75.3	75.6	—					
	31	58.2	68.1	68.1										
Aprile	1	58.2	58.3	—	Luglio	1	75.4	75.4	74.7					
	2	57.6	58.1	58.0		2	74.8	75.1	74.4					

III. — DISCUSSIONE DELLE OSSERVAZIONI.

Passiamo ora a discutere queste osservazioni dal punto di vista dei possibili errori sistematici.

Intanto, come già faceva notare lo stesso prof. Respighi, iniziatore della prima serie delle osservazioni solari capitoline, sembra che i risultati siano *indipendenti dalla costante personale*, giacchè essa conserva lo stesso valore nell'appulso dei due bordi e quindi scompare nelle differenze, che rappresentano appunto la durata del passaggio del Sole al meridiano.

Però un'altra causa di errori sistematici, che credo fosse sfuggita al Respighi, è dovuta all'inclinazione dei fili del micrometro; ma una breve discussione mostra che l'errore temuto è in ogni caso estremamente piccolo.

Supponiamo infatti che un filo sia inclinato rispetto alla verticale di un angolo  $i$ . Con una facile costruzione geometrica vedremo che l'arco percorso dal centro del Sole nell'intervallo di tempo compreso tra l'istante in cui avviene la tangenza del bordo anteriore e l'istante in cui avviene la tangenza del bordo posteriore è uguale a  $\frac{2R}{\cos i}$ , dove  $R$  è il raggio solare. L'errore  $E$  che ne risulta nella misura del diametro è quindi eguale a

$$2R \left( \frac{1}{\cos i} - 1 \right).$$

Tenendo presente che  $i$  è molto piccolo, si ha con riduzioni immediate,

$$E = Ri^2.$$

Se invece di un solo filo se ne hanno,  $n$ , otteniamo come errore risultante nella media:

$$E = \frac{R}{n} \sum_{k=1}^{k=n} i_k^2.$$

Come si vede l'errore è sempre positivo, ma fortunatamente esso è di secondo ordine rispetto ad  $i$ . Nel caso nostro, nessuno dei fili del micrometro aveva un'inclinazione superiore a  $10'$  rispetto alla verticale. Risulta dunque con un facile calcolo che l'errore è minore di *un centesimo di secondo di arco* e perciò assolutamente trascurabile.

Anche lo spessore dei fili micrometrici non produce errore apprezzabile, sia perchè sottilissimi, sia perchè l'osservatore determina l'istante di appulso del bordo solare con la linea mediana del filo stesso.

Resterebbe dunque, come unica causa di errore sistematico, l'*irradiazione* che aumenta lievemente (circa  $1''$ ) le dimensioni del disco. Ora anche questa non produce alcun inconveniente per il nostro scopo, e ciò per due ragioni:

1°) perchè noi ci proponiamo di trovare appunto il diametro del Sole aumentato dell'irradiazione, e di paragonare i risultati con i valori adottati dagli astronomi. Infatti, come vedemmo in principio, per il calcolo delle effemeridi occorre precisamente di sapere quale è il diametro del Sole aumentato dell'irradiazione;

2°) perchè l'irradiazione resta costante, almeno per ogni singolo osservatore, e non può quindi impedire di scoprire un'eventuale variazione periodica del diametro del Sole.

Riepilogando, crediamo di dover concludere che le osservazioni solari micrometriche, eseguite col nostro metodo sono esenti da errori sistematici. Contrariamente dunque a ciò che potrebbe sembrare da un esame superficiale, esse possono anche oggi, arrecare un prezioso contributo alla soluzione della questione che ci occupa, purchè fatte con abilità e con buoni strumenti.

#### IV. — RISULTATI E CONFRONTI.

Accertata dunque l'assenza di errori sistematici, non resta che da considerare i piccoli errori accidentali, valendosi del solito metodo dei minimi quadrati e di ridurre le osservazioni alla *distanza media* tenendo conto del moto ellittico del Sole. Eseguiti i calcoli, che sono certamente complicati, ma non presentano difficoltà, ne risultano i valori riportati qui appresso:

Gabriella Armellini Conti (Osservazioni 146)  $R = 16' 1'',44 \pm 0'',07$

Giuseppe Armellini ( " 141)  $R = 16' 1'',74 \pm 0'',06$

Pietro Mignucci ( " 127)  $R = 16' 1'',02 \pm 0'',05$

Come media dei valori trovati, abbiamo quindi per il raggio solare  $R$  alla distanza media, aumentato dell'irradiazione:

$$R = 16' 1'',40 \pm 0'',02.$$

che coincide quasi col valore  $16' 1'',18$  comunemente adottato. Le deboli differenze tra i tre osservatori dipendono dalle condizioni fisiologiche dell'occhio, secondo le quali varia l'irradiazione. Ma, come abbiamo visto, esse restano costanti e non impediscono quindi di scoprire un'eventuale variazione periodica del diametro. Ciò che importa notare invece è che l'errore medio ( $0'',02$ ) è assai inferiore alla presumibile pulsazione del Sole secondo Lane, Ambronn e Schur. Reiterando dunque le osservazioni per un periodo undecennale potremo dire se le conclusioni di questi astronomi debbono o non debbono essere mantenute.