

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA NAZIONALE
DEI LINCEI

ANNO CCCXIX.
1922

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXXI.

2° SEMESTRE.



ROMA

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

1922

Astronomia. — *Sulla massa delle stelle doppie spettroscopiche*. Nota di **GIORGIO ABETTI**, presentata dal Socio **A. DI LEGGE** ⁽¹⁾.

La massa dei sistemi binari spettroscopici non si può determinare con i soli elementi derivati dalle osservazioni spettrali. Nel caso più generale, e cioè quello in cui è stato osservato soltanto lo spettro della componente più luminosa, con gli elementi orbitali spettroscopici si può calcolare soltanto la funzione:

$$f = \frac{m_2^3 \operatorname{sen}^3 i}{(m_1 + m_2)^2}$$

dove m_1 ed m_2 rappresentano le masse delle due componenti ed i l'inclinazione del piano dell'orbita. Per quei sistemi per i quali è possibile l'osservazione degli spettri di ambedue le componenti, con la conoscenza delle semi-amplitudini delle loro curve di velocità e degli elementi orbitali si ricavano il rapporto delle masse e le quantità $m_1 \operatorname{sen}^3 i$ e $m_2 \operatorname{sen}^3 i$.

Già Ludendorff aveva mostrato ⁽²⁾, facendo le probabili ipotesi che il rapporto delle masse $\frac{m_2}{m_1}$ e l'inclinazione i sieno costanti per tutte le classi spettrali, come la massa totale dei sistemi spettroscopici diminuisca con l'avanzare del tipo spettrale dalle classi *Oe* a *K*, ciò che è in accordo con i risultati che si sono ottenuti per le stelle doppie visuali estesi recentemente anche alle stelle singole ⁽³⁾.

Ho accennato in una precedente Nota ⁽⁴⁾ alle relazioni che corrono fra gli spettri, la differenza di grandezza delle componenti le stelle doppie visuali e la loro massa. Nel compiere quella ricerca mi era sfuggito un sommario ⁽⁵⁾ di un lavoro di Leonard non ancora pubblicato, per quanto io sappia, in extenso; di più contemporaneamente alla mia Nota veniva pub-

⁽¹⁾ Pervenuta all'Accademia il 19 settembre 1922.

⁽²⁾ Astr. Nachr. 4520, 5046.

⁽³⁾ Seares. *The Masses and Densities of the Stars*. Astrophys. Journ., vol. LV, pag. 165.

⁽⁴⁾ Rend. Lincei, vol. XXXI, pag. 359, maggio 1922.

⁽⁵⁾ *The Spectra of the Components of visual double stars* (Abstract). — Publ. Astr. Soc. of Pacific, vol. XXXIII, pag. 213, agosto 1921.

blicato da Doig ⁽¹⁾ un altro studio sullo stesso argomento. La ricerca di Leonard deve considerarsi fino a questo momento la più completa perchè egli ha potuto anche studiare direttamente spettri di stelle doppie appositamente fotografati all'osservatorio di Lick. Le sue conclusioni concordano con quelle dedotte da Doig e da me, e cioè il compagno secondario precede sempre nell'ordine dell'evoluzione stellare il compagno principale, ma la differenza nelle classi spettrali delle due componenti sembra piuttosto dipendere dalla differenza di grandezza fra le due componenti che non dallo stadio di sviluppo del sistema.

In altre parole, secondo le ricerche di Leonard, se le due componenti sono uguali o pressochè uguali in grandezza anche le loro classi spettrali sono uguali, con poche eccezioni fra le stelle giganti, e differiscono invece l'una dall'altra tanto più, quanto più aumenta la loro differenza di splendore. Naturalmente poichè in generale differenza di grandezza indica diversa luminosità e masse diverse, ne segue che quando la differenza di grandezza aumenta deve anche aumentare la differenza delle masse delle componenti e conseguentemente la differenza di classe spettrale e l'indice di colore.

Si può vedere se queste relazioni si verifichino anche per i sistemi spettroscopici valendosi del materiale finora raccolto.

Prendendo prima a considerare le doppie spettroscopiche di cui sono state osservate ambedue le componenti e delle quali si conosce quindi il rapporto delle masse, si nota che gli spettri delle due componenti sono in maggioranza uguali o pressochè uguali fra di loro per le stelle del primo tipo di Secchi ⁽²⁾. Questo fatto trova analogia nei sistemi visuali ⁽³⁾ tanto più che per tali sistemi spettroscopici è possibile di osservare i due spettri combinati, probabilmente perchè le due componenti sono di grandezza uguale o quasi uguale e ciò fa prevedere che il loro rapporto delle masse deve essere prossimo all'unità.

Dalla lista delle spettroscopiche binarie data da Aitken ⁽⁴⁾ con l'aggiunta dei risultati più recenti che si trovano nelle pubblicazioni di Monte Wilson, Lick, Victoria in Canada etc. ho scelto tali sistemi dividendoli in tre gruppi secondo che appartengono alle classi da B a B₅, da B₈ ad A₅, e da A₉ a G. Con la conoscenza della parallasse determinata direttamente od indirettamente a mezzo del moto proprio e della grandezza apparente, ho determinato la loro grandezza assoluta. Il rapporto delle masse segue

⁽¹⁾ *The spectra of physically connected pairs and the Giant and Dwarf Theory.* *Monthly Notices of the R. A. S.*, vol. LXXXII, pag. 372, april 1922.

⁽²⁾ Schlesinger and Baker, *A comparative study of spectroscopic binaries.* Publ. Allegheny observ., vol. I, n. 21, pag. 142, 1910.

⁽³⁾ *Rend. Lincei*, loc. cit., pag. 361.

⁽⁴⁾ *The binary stars*, pag. 296 e segg., New York, 1918.

dagli elementi orbitali che danno le quantità $m_1 \text{ sen}^3 i$, $m_2 \text{ sen}^3 i$. Di più se si estendono ai sistemi spettroscopici i risultati ottenuti da Seares nella sua magistrale ricerca sulle masse e densità delle stelle si potrà avere per ogni gruppo un'idea approssimata della massa totale dei sistemi appartenenti ai tre gruppi, deducendola dal diagramma (1) dato da Seares, in funzione della classe spettrale e grandezza assoluta media. Si ha così la seguente tabella:

GRUPPO	Spettro medio	Gr. ass. media	$m_1 \text{ sen}^3 i$	$m_2 \text{ sen}^3 i$	$\frac{m_2}{m_1}$	$m_1 + m_2$ ☉ = 1	Nr. sistemi
B a B ₃	B ₂	— 1.6	8.6	6.1	0.71 ± 0.06	10.1	11
B ₃ ad A ₅	A ₀	+ 0.2	2.4	1.9	0.80 ± 0.04	6.8	22
A ₅ a G	F ₄	+ 2.0	1.1	1.0	0.90 ± 0.02	2.2	15

La massa totale dei sistemi dei vari gruppi conferma l'andamento trovato da Ludendorff con la trattazione di tutti i sistemi spettroscopici, di più si vede che il rapporto delle masse rimanendo in media prossimo all'unità, tende a crescere con l'avanzare della classe spettrale come già aveva notato Aitken (2). Se questa tendenza dipenda dalla differenza di grandezza delle componenti come per i sistemi visuali non si può dire perchè non si conoscono le dette grandezze. La conoscenza delle masse ci conduce a quella dell'inclinazione media dei piani delle orbite che risulta per tutti e tre i gruppi:

$$i = 77^\circ.$$

Per un numero infinitamente grande di sistemi binari il valore medio di i risulta di 57° (3); nel caso particolare di questi sistemi l'inclinazione è maggiore perchè appunto per orbite molto inclinate è più probabile che si possano separare gli spettri delle due componenti.

Un altro gruppo di spettroscopiche binarie che fa parte delle stelle giganti nel primo ramo dell'evoluzione stellare è quello delle Cefeidi. Per

(1) Loc. cit., pag. 210.

(2) Loc. cit., pag. 207.

(3) Aitken, loc. cit., pag. 204.

queste la grandezza assoluta e la massa sono note con buona approssimazione ⁽¹⁾ e se ne trovano quindici di spettroscopiche binarie per le quali si conosce il valore della funzione f . Inoltre poichè le Cefeidi sono variabili per le quali l'inclinazione del piano dell'orbita è certamente compresa fra 60° e 90°, si può ammettere che sia in media, per il gruppo, uguale a quella trovata precedentemente e si avrà quindi:

Spettro medio	Gr. ass. media	$m_1 + m_2$	f	$\frac{m_2}{m_1}$	Nr. sistemi
F ₉	— 2.4	7.2	0.004	0.09	15

Dal rapporto delle masse si nota, che mentre la componente principale appartiene alla classe delle stelle giganti, la secondaria apparterebbe a quella delle nane con una massa minore di quella del sole e quindi di tipo più avanzato di quella del compagno principale. Questo fatto, che è in accordo con le variazioni osservate negli spettri delle Cefeidi durante le variazioni di luce ⁽²⁾, non lo è invece con ciò che si è trovato per i sistemi visuali appartenenti alla classe delle giganti ⁽³⁾ per le quali il compagno secondario precede nella sequenza delle classi spettrali il principale. Tale risultato si deve tuttavia considerare con riserva, dato che per le difficoltà di spiegare l'esistenza delle Cefeidi come sistemi binari spettroscopici, sono state avanzate teorie che si tratti piuttosto di stelle isolate soggette a pulsazioni periodiche ⁽⁴⁾.

In contrapposto alle Cefeidi per le quali il valore della funzione f è molto piccolo, stanno i sistemi di classe Oe con un valore di f notevolmente maggiore ⁽⁵⁾; ma lo scarso numero di sistemi (quattro o cinque) finora studiato e la mancanza di dati sulla loro massa non permette di trarre per il momento alcuna conclusione.

Restano infine da considerare i sistemi spettroscopici per i quali è stato osservato soltanto uno spettro e che sono i più numerosi. Dividiamo anche

⁽¹⁾ Seares, loc. cit., pag. 209.

⁽²⁾ *Contributions from the Mount Wilson Obs.*, N 92, pag. 114 e N. 196, pag. 395.

⁽³⁾ Rend. Lincei, loc. cit., pag. 362.

⁽⁴⁾ Shapley, *On the Nature and Cause of Cepheid variation*, Cont. Mount Wilson, N. 92, 1914.

⁽⁵⁾ Ludendorff, loc. cit., pag. 110.

questi secondo le classi spettrali alle quali appartengono e di più, per le classi da F a K, separiamo i sistemi giganti da quelli nani. Calcolando come già si è detto la grandezza assoluta media, si può, dal diagramma di Seares, ricavare il valore approssimato della massa totale media dei sistemi appartenenti ai vari gruppi. Inoltre, col valore medio della funzione f e il valore probabile di $\sin^3 i = 0.68$ (1), anche il rapporto delle masse $\frac{m_2}{m_1}$. Si ha così la seguente tabella:

GRUPPO	Spettro medio	Gr. ass. media	f	$m_1 + m_2$ ☉ = 1	$\frac{m_2}{m_1}$	Nr. sistemi
B a B ₅	B ₂	— 1.2	0.260	9.7	0.52	27
B ₅ ad A ₅	A ₁	— 0.1	0.144	6.9	0.47	37
F a K	G ₀ giganti	— 0.4	0.186	3.3	0.78	18
	F ₀ nani	+ 3.1	0.058	1.4	0.65	22

Il rapporto delle masse è in media per tutti questi sistemi 0.60, inferiore a quello trovato per i sistemi di cui sono stati osservati ambedue gli spettri, anche facendo le dovute riserve per l'incertezza dell'inclinazione i . Questo risultato si può mettere in relazione appunto con la maggiore differenza di splendore che deve esistere fra le componenti di questi sistemi. Se esista un aumento del rapporto delle masse con l'avanzare del tipo non si può per il momento concludere perchè, data l'incertezza delle grandezze assolute provenienti in gran parte da parallassi indirette, la divisione fra sistemi giganti e nani delle classi F a K non è abbastanza netta da assicurare una precisa valutazione della massa.

In conclusione sembra che si possa estendere anche ai sistemi spettroscopici binari il risultato trovato per i sistemi binari visuali, e cioè che il rapporto delle masse delle componenti si avvicina all'unità quando le grandezze e quindi i tipi spettrali delle due componenti tendono ad uguagliarsi.

(1) Aitken, loc. cit., pag. 204.