

INTORNO AD ALCUNE OBIEZIONI CONTRO LA TEORIA BALISTICA DELLE STELLE VARIABILI

NOTA di M. LA ROSA

1). — Nel num. 21, t. 179 dei *Comptes Rendus* de l'Acad. des Sciences i signori Ch. Nordmann e C. Le Morvan hanno richiamato l'attenzione sul seguente fatto, che, a loro giudizio, sarebbe incompatibile — o per lo meno inesplicabile — con la mia teoria delle stelle variabili dedotta dal postulato di Ritz.

I cambiamenti dell'intensità luminosa, ossia della grandezza apparente, risultano, per certe stelle, dipendenti dal colore della luce scelta per fare le osservazioni; ossia più esattamente l'ampiezza del mutamento d'intensità risulta funzione della frequenza media della regione spettrale a cui appartiene la luce presa per fare le osservazioni. Così, p. es., per β Lyrae il cambiamento della grandezza apparente va nettamente crescendo dal rosso al bleu; è uguale a 0,66 (del gradino di grandezza) nel rosso, 0,94 nel verde, 1,34 nel bleu.

Il motivo per il quale questo fatto sembra incompatibile con la mia teoria è così espresso dai citati AA.: « Si la fluctuation lumineuse des étoiles à variation continue était due au mécanisme qu'invoque M. La Rosa, l'amplitude de la variation serait nécessairement la même dans toutes les régions du spectre lumineux ».

Il fatto richiamato, è certamente incontestabile, ed è meritevole di tutta l'attenzione di quanti si occupano dello studio e dell'interpretazione dei fenomeni delle variabili. Per verità io non so, se e come esso possa essere spiegato nella teoria dell'eclissi e nelle altre finora date per questi misteriosi fenomeni, ma quel che è certo è che la mia teoria *anche in questo caso*, offre una chiara ragione del fatto nel modo più limpido, più diretto e più *spontaneo*, cioè senza artificiosi adattamenti. E spieghiamo subito come.

Premettiamo, a questo fine, che queste stelle sulle quali il fenomeno in parola è stato osservato, presentano cambiamenti di luce di *piccola ampiezza* dell'ordine di un gradino della scala di grandezza), e ricordiamo che ipotesi fondamentale della teoria è *che tutte le variabili debbano essere stelle doppie o più complesse*.

Posto ciò osserviamo che la luce che ci viene da una « variabile » è dovuta solo in parte al compagno girevole (o più esattamente all'astro che soddisfa-

cendo alla limitazione relativa alla costante Kb (¹) dà luogo ai cambiamenti di luce), per cui nel determinare la legge dei cambiamenti d'intensità, bisogna tenere nel debito conto la luce emessa dall'altro (o dagli altri corpi); la quale solo in *particolari circostanze* può riuscire trascurabile (per le variabili a lungo periodo, con orbite molto eccentriche ed in vicinanza dei massimi).

Ma questo certamente non è il caso nelle « variabili » di piccola ampiezza, per le quali occorre tenere conto — ciò che i signori Nordmann e Le Morvan non hanno fatto — della luce delle componenti variabili e di quella delle componenti invariabili.

Supposto per semplicità che la stella in quistione sia una « doppia », di cui una sola componente soddisfi alla condizione occorrente perchè possa dar luogo a cambiamenti di luce di piccola ampiezza (mentre l'altra sia invariabile), troviamo che l'intensità luminosa di questa componente deve presentare cambiamento di uguale ampiezza in tutte le regioni dello spettro (così come pensano Nordmann e Le Morvan) ma questa costanza di ampiezza non ci si può presentare nella luce totale, perchè alla luce dell'una è sovrapposta quella dell'altra componente.

Indicando con i_r , i_v , i_b le intensità luminose che ci manifesterebbe la componente variabile nel rosso, nel verde, e nel bleu rispettivamente al momento del minimo, le corrispondenti intensità al momento del massimo sarebbero mi_r , mi_v , mi_b , dove m è un fattore costante; ma i rapporti delle intensità luminose presentate dall'insieme delle due stelle nel momento del massimo e del minimo, nelle dette regioni sono :

$$[I] \quad \frac{I_r + mi_r}{I_r + i_r}; \quad \frac{I_v + mi_v}{I_v + i_v}; \quad \frac{I_b + mi_b}{I_b + i_b}$$

essendo I_r , I_v , I_b le corrispondenti intensità della componente invariabile.

Ed è chiaro che i tre rapporti [I] saranno in generale diversi, poichè la loro uguaglianza (essendo $m > 1$) presuppone che sia:

$$\frac{I_r}{i_r} = \frac{I_v}{i_v} = \frac{I_b}{i_b}$$

suppone cioè che negli spettri dei due corpi luminosi la distribuzione delle intensità si faccia secondo la identica legge; ossia suppone che i due corpi *abbiano la stessa temperatura*, e inoltre lo stesso comportamento emissivo.

In altre parole, *il rapporto tra il massimo ed il minimo di luce* presentato dalla nostra variabile, *deve*, in generale, *dipendere dal colore della luce impiegata* nella misura fotometrica; e solo nel caso particolare, assai poco probabile,

(¹) Ricordiamo che la condizione di « variabilità » è $\frac{1}{30} < Kb < 5$; e che l'ampiezza del cambiamento è grande solo in vicinanza della condizione $Kb = \frac{1}{2} \pi$.

in cui i due corpi emittenti abbiano *la stessa temperatura*, quel rapporto può risultare costante in tutta l'estensione dello spettro.

Dunque in generale, *il nostro rapporto sarà funzione della frequenza*, sicchè la misura esatta dei valori che esso presenta nelle diverse regioni spettrali, per ogni determinata stella, accoppiata con una buona conoscenza della legge di ripartizione dell'energia raggianti nello spettro (a temperature alte) ci potrà dare una nuova via per la determinazione delle temperature dei due corpi emittenti ⁽¹⁾.

Per questo motivo il fatto osservato per la prima volta dal Nordmann acquista, al lume della mia teoria, un'importanza singolare, non solo per la notevole conferma che esso le porta, ma per la nuova base che esso promette di dare alle indagini sulle temperature dei corpi celesti.

2). — Un'altra obiezione, fatta dal sig. Salet ⁽²⁾ riguarda una contraddizione che questo A. avrebbe rilevato fra i fenomeni osservati ed una deduzione — in verità imperfetta — che egli fa scaturire da un sommario esame del « principio balistico ».

La deduzione è questa: « ...les époques de maximum et de minimum d'intensité (luminosa della stella) doivent correspondre à des moments où la vitesse radiale augmente ou diminue ».

I fatti contraddittori enumerati dal sig. Salet, sono:

a) « Pour les étoiles du type Algol, l'intensité est absolument constante et la même avant et après le brusque minimum qu'on attribuait jusqu'ici à une éclipse. La vitesse radiale devrait donc (nella mia teoria) être constante

⁽¹⁾ A titolo di esempio ho voluto calcolare i valori che prendono i rapporti [1] per le lunghezze d'onda 6500, 5200, 3900, attribuendo ai due corpi emittenti le temperature ass. di 6000° ed 8000° rispettivamente ed ammettendo che il secondo solo soddisfi alla condizione necessaria (relativa al *Kb*) per una variabilità ristretta.

Per calcolare le quantità di energia emesse in corrispondenza delle singole lunghezze d'onda mi sono servito della nota formula di Planck, ed ho supposto ancora che la stella più calda possieda una superficie doppia dell'altra (in ragione della sua maggiore massa) e che il rapporto *m* fosse uguale a 3,2. I valori trovati sono: 2,27 nel rosso; 2,82 nel verde; 3,12 nel violetto; ed a questi rapporti corrispondono i cambiamenti di grandezza 0,93; 1,12; 1,25.

Una più esatta verifica non potrà sperarsi finchè non siano state fatte misure apposite del nostro rapporto, e finchè non sarà meglio conosciuta la legge di ripartizione dell'energia nello spettro, alle temperature molto alte, che verosimilmente dominano nelle stelle. La legge di Planck (la migliore che per questo fine la scienza di oggi possiede) è applicabile, con buon fondamento, solo per temperature piuttosto basse della sorgente, e nella regione delle grandi lunghezze d'onda dello spettro.

⁽²⁾ *Bulletin de l'Observ. de Lyon*, t. VII, n. 3, marzo 1925.

pendant ces deux intervalles de temps et se mettre brusquement à varier au moment du minimum, ce qui paraît bien impossible ».

b) « Pour les Céphéides, le maximum de l'éclat devrait avoir lieu au moment où l'*augmentation* de la vitesse radiale est maxima... », mentre « le maximum d'intensité à lieu, au contraire, généralement à *peu près au moment où la vitesse* radiale est maxima. Il y a donc une différence d'un quart de période entre les données de la nouvelle théorie et la réalité ».

c) (Qui si tratta di una riserva) « Pour les variables à longue période, il resterait à montrer que les variations d'intensité s'accompagnent, dans le sens prévu par la théorie, de variations de la vitesse radiale ».

Se il sig. Salet avesse potuto leggere il mio lavoro originale (1) invece dell'articolo di volgarizzazione, avrebbe constatato che proprio per le « variabili a lungo periodo » la teoria ha dimostrato tutta la sua fecondità ed il suo valore. Esaminando dal punto di vista spettrale, le conseguenze a cui la teoria conduce, nel campo delle velocità radiali, si giunge a dare piena ragione dell'esistenza di stelle invariabili, con spettri a righe fortemente espanse; dell'esistenza di stelle variabili con righe multiple, a componenti mobili e di numero periodicamente variabile; dell'esistenza di stelle (variabili o no) con righe semplici e mobili, ecc.; e tutto ciò in conformità di fatti osservati, ma finora non spiegati (2).

E proprio in questo campo delle variabili a lungo periodo la mia teoria può vantare una fortuna che pochissime altre hanno avuto, quella di avere ricevuto, pochi mesi dopo la sua comparsa, la più brillante e *spontanea* conferma. Alludo *alla scoperta dei cambiamenti periodici della velocità radiale* di « Mira Ceti » [recisamente negati fino al dicembre 1923, pochi mesi dopo la pubblicazione della mia prima Nota (3)], ed alla scoperta di un « compagno » di Mira; ciò in pieno accordo con l'ipotesi fondamentale, che avevo dovuto fare — certo arditamente — intorno a queste stelle, attribuendo loro costituzione di stelle « complesse » (4) supponendole dotate di due o più compagni.

Circa il dubbio b), riguardante le Cefeidi, basta a rimuoverlo un esame *attento* delle curve $T = f(t)$, riportate anche nel mio articolo in *Scientia* (5).

(1) *Memorie della Società Astronomica Italiana*, vol. II, pag. 324 (1923), e *Nuovo Cimento*, vol. I (nuova serie), gennaio 1924.

(2) Questo argomento si trova più ampiamente sviluppato in una mia Nota dal titolo « Velocità radiali e teoria balistica delle variabili », in *Rend. Lincei*, vol. XXXIII, pag. 446, dicembre 1924.

(3) *Rend. Lincei*, vol. XXXII, 1° sem., pag. 590, giugno 1923.

(4) Si confronti su questo punto la mia Nota su « La costituzione delle variabili del tipo « Mira Ceti » secondo l'ipotesi balistica sulla velocità di propagazione della luce », in *Rend. Lincei*, vol. XXXIII, 1° sem., p. 3, gennaio 1924.

(5) LA ROSA, « Prove astronomiche contrarie alla Relatività », in *Scientia* vol. 36 (1924), pag. 5 e p. 69.

Ricordiamo, pertanto, che le sponde della striscia dentro cui ognuna delle curve resta inscritta, rappresentano la legge di corrispondenza $T = f(t)$ nei casi in cui la velocità di propagazione fosse *costante*, e rispettivamente uguale a $c + v$, oppure a $c - v$; e che la retta zz' (asse della striscia) rappresenta la legge di corrispondenza $T = f(t)$ nel caso in cui la velocità di propagazione dei raggi fosse costante ed eguale a c .

Posto ciò osserviamo le prime due curve della figura 2^a del mio scritto, quelle corrispondenti ai valori, 0,1 e 0,16 di Kb . Esse hanno i massimi di luce in corrispondenza dei loro punti d'intersezione con la retta zz' ; detti massimi cadono cioè nei momenti T , in cui *la componente secondo la linea di mira della velocità tangenziale è nulla*. E l'analisi conferma che ciò deve avvenire finchè la costante Kb da me considerata è $\leq \frac{1}{2}\pi$.

Nelle altre curve, invece, (casi in cui $Kb > \frac{1}{2}\pi$) i massimi di luce cadono in corrispondenza dei massimi e minimi di $T = f(t)$ e quindi in *prossimità dei punti di tangenza delle curve con le sponde* e cioè *in prossimità dei momenti* in cui la velocità radiale raggiunge i valori estremi. Le particolarità osservate nelle Cefeidi, sono dunque d'accordo con questo caso; mentre non mancano fatti che si accordino con il primo. Anche su questo punto la teoria vanta quindi un vero successo.

Venendo infine alle variabili del tipo Algol debbo rilevare, sebbene possa sembrare superfluo, che la mia teoria in nessun punto e in nessun modo si oppone alla « spiegazione dell'eclissi » che per queste stelle è stata data finora.

L'ipotesi fondamentale della mia costruzione è questa: *che tutte le variabili siano stelle doppie o complesse* dotate di uno o più compagni i quali girano *in piani poco inclinati rispetto alla visuale*. Quindi la mia teoria non può *discoscendere* che in certi casi particolari il compagno possa venire a collocarsi sulla linea di mira, ed occultare, in tutto o in parte, la luce della stella centrale.

L'evidenza di questo punto mi sembrò talmente forte, al momento in cui scrissi il mio lavoro, da non meritare uno speciale commento.

L'esistenza di stelle, le quali presentino intensità generalmente costante, ed affetta da un solo breve e brusco minimo, e le quali presentino in pari tempo velocità radiale variabile in modo continuo, *non contraddice*, dunque, *affatto alla mia teoria*. Il cambiamento di luce resta, in questi casi, indipendente dall'effetto balistico, e perciò non soggetto alle condizioni (relative al Kb) da cui questo effetto è regolato.

Ma anche per l'interpretazione dei fenomeni presentati dalle stelle di questo tipo, riesce di grande vantaggio l'ausilio della mia teoria. Non tutte le « variabili per eclissi » presentano, infatti, il comportamento schematico, semplicissimo, ricordato dal sig. Salet. Molte di esse presentano un aumento, piccolo, è vero, ma continuo della luminosità, dalla fine del minimo principale fino al presentarsi di un secondo e poco notevole minimo; parecchie presentano

anche differente intensità nelle due fasi di massimo costante, le quali cadono prima e dopo del secondo minimo; altre infine (sempre supposte variabili per eclissi) presentano una variazione continua (come appunto β Lyrae) che è difficilmente conciliabile con quella ipotesi; altre infine presentano due veri massimi i quali hanno *intensità differente* (η Aquilae), circostanza questa che è *inconciliabile* con la semplice spiegazione per « eclissi ».

Per questi motivi appunto mi sono *fermato a studiare* questi casi più complessi (che *non ho confuso* con i primi) ed ho cercato di accoppiare — e non di sostituire — la mia teoria con l'ipotesi dell'eclissi, ricavandone una spiegazione perfetta delle più minute circostanze del fenomeno; come può accertarsi chi voglia studiare attentamente la mia Memoria, e come cercherò di spiegare più ampiamente in un prossimo lavoro.

3). — Un'altra Nota dello stesso sig. Salet ⁽¹⁾, mira a confortare la precedente obiezione, relativa alle « variabili di tipo Algol » di una « prova quantitativa », dalla quale emergerebbe che le misure astronomiche (?) permettono anche di escludere che una frazione ($\leq 1/200$) della velocità della sorgente possa sommarsi con la velocità normale della luce.

Purtroppo il sig. Salet nulla ci dice nè sulla linea concettuale seguita nè sui « dati » utilizzati nel calcolo. Tenterò dunque di supplire al difetto, seguendo quella linea che viene dalla mia teoria indicata, e servendomi dei pochi ed incerti dati che intorno ad Algol (il solo esempio che il sig. Salet cita esplicitamente) ho potuto raccogliere.

Questa stella ha un *periodo* di $68^h 48^m 55^s$. Circa $1/7$ di questa durata viene presa dal cambiamento di luce — il brusco minimo —; nel rimanente *intervallo* lo splendore varia assai debolmente presentando due massimi molto piatti, ed un minimo secondario, poco accentuato. L'ampiezza del mutamento che si compie in questa fase è poco minore di 0,1 del gradino della scala delle grandezze. La variazione totale di luce di questa stella si può dunque interpretare come il risultato di due cambiamenti, uno brusco che *avviene* a scatti, l'altro poco ampio ma di carattere continuo.

Il primo cambiamento può essere ricondotto alla ipotesi dell'eclissi la quale, come ho sopra spiegato, è ammessa necessariamente dalla mia teoria. E questo cambiamento si svolge con modalità interamente indipendenti dalla propagazione della luce e perciò dalla legge dei cambiamenti della velocità. L'altro mutamento, poco ampio, viene facilmente spiegato dalla mia teoria a patto che si possa supporre che la grandezza Kb , nel caso di Algol, soddisfi alla limitazione:

$$0,02 < Kb < 5$$

⁽¹⁾ P. SALET, « Sur l'indépendance de la vitesse de la lumière et celle de la source lumineuse », in *C. R.*, t. 180, pag. 747 (2 marzo 1925).

restando, però abbastanza lontana dal valore $Kb = \frac{1}{2\pi}$ in vicinanza del quale l'ampiezza del cambiamento di luce diventa molto grande. Dunque su questo punto solo può presentarsi il disaccordo fra la teoria e la verifica numerica.

Pertanto stando a quel poco che il sig. Salet dice nella sua Nota, si dovrebbe credere che egli abbia trovato per Kb un valore troppo vicino ad $\frac{1}{2\pi}$, cioè tale da far prevedere cambiamenti continui di luce di grande ampiezza, che dovrebbero essere seguiti da analoghi cambiamenti della velocità radiale.

Ora che un tale calcolo possa con serio fondamento essere fatto è da escludere senz'altro; perchè il risultato viene fortemente infirmato dalla grave incertezza che domina nelle misure di parallasse, elemento che di necessità compare nel calcolo.

Per il caso di β . Persei, ho trovato infatti i seguenti numeri:

$$\pi = 0'',007 \pm 0,027, \text{ Russel};$$

$$\pi = 0'',122 \pm 0,026, \text{ Flirt};$$

$$\pi = 0'',037 \pm 0,020, \text{ Chase},$$

perfettamente discordanti, malgrado l'ostentata uguaglianza di precisione.

Secondo una determinazione più recente e più precisa, fatta con il metodo fotografico dai sigg. Lee e Joy all'Osservatorio Yerkes sarebbe: $\pi = 0'',027 \pm 0'',010$.

Ma secondo dati più recenti gentilmente fornitimi dal prof. A. Bemporad sarebbe: $\pi = 0'',052$ ⁽¹⁾.

Come si vede dal complesso dei numeri trascritti, siamo ben lontani dal possedere quell'elemento *certo* di fatto che possa condurci ad un giudizio *quantitativo* inappellabile, disprezzando le numerosissime e belle conferme che la mia teoria ha largamente raccolto, nel campo dei fenomeni fotometrici, spettroscopici e statistici presentati dalle stelle variabili.

Più in là, quando sarà possibile misurare con *sufficiente esattezza* la parallasse di certe variabili, sarà possibile istituire il controllo quantitativo che il sig. Salet desidera; e forse allora si troverà che la mia teoria schiude la via più semplice e più diretta per la misura delle distanze stellari.

In conclusione io mi permetto di riaffermare qui la mia salda convinzione sulla solidità del mio schizzo teorico.

⁽¹⁾ A titolo di saggio di orientamento possiamo tentare di calcolare il valore di Kb che si può trarre dai numeri sopra indicati. Se prendiamo per π il valore $0'',027$, ritenuto più approssimato, per la distanza Algol-Terra troviamo 121 anni luce, e quindi per K il valore $1,54 \cdot 10^{-4}$. E siccome b è $1,3 \cdot 10^{-4}$ per l'astro principale, e $3,10^{-4}$ per il compagno, troviamo per Kb i valori 2 per l'astro principale e 4,62 per il compagno. Si dovrebbe perciò concludere che il compagno non dà luogo a cambiamento di luce, e che l'astro principale dà origine ad un cambiamento di piccola ampiezza. Ma l'incertezza di π non consente di fare affidamento su questi risultati.

A esso non fa difetto il conforto di impressionanti conferme; impressionanti per vastità di numero, per ricchezza e varietà di particolari coincidenti, per spontaneità e per *sincerità*. Il significato e la forza di queste conferme (infinitamente più vaste e più belle di quelle che la « teoria della relatività » va ancora adducendo) sarebbero apparsi a tutti più che soddisfacenti, *proprio trascinanti*, se le preoccupazioni « relativistiche » non avessero fatto ostacolo alla semplice lettura, e perfino alla stampa, del mio lavoro.

Ma ho fiducia che una larga e serena discussione — come questa provocata dalle critiche qui esaminate — finirà per fare riconoscere a tutti il valore e la fecondità del « principio balistico », che non solo promette molto per la Scienza di domani — come gli eminenti contraddittori riconoscono ⁽¹⁾ — ma che dà, e non poco, per quella che oggi stesso è possibile costruire.

Palermo, R. Università, aprile 1925.

⁽¹⁾ Cfr. P. SALET, loc. cit.; CHARLES NORDMAND e H. LE MORVAN, in *C. R.*, 15 aprile 1925.