

IL POSTULATO DI RITZ SULLA VELOCITÀ DELLA LUCE ED I FENOMENI DELLE STELLE VARIABILI

NUOVA TEORIA DI QUESTE STELLE

MEMORIA di M. LA ROSA

1. — È noto che la teoria della relatività s'impenna sopra un postulato essenziale il quale afferma « la costanza della velocità della luce », cioè la sua indipendenza dalle condizioni di moto della sorgente e dell'osservatore.

Tre anni dopo la comparsa della prima memoria di Einstein, Ritz (1) aveva fatto vedere che si poteva raggiungere il fine medesimo perseguito da Einstein, e cioè l'estensione del principio di relatività della Meccanica a tutti i fenomeni fisici (2), restando sul solido terreno della Meccanica classica, ed ammettendo solo *che la velocità della luce si componga con quella della sorgente, secondo la regola di Galileo (ipotesi balistica)*.

Comstock (3) e Castelnuovo (4), indipendentemente l'uno dall'altro, pensarono allora alla possibilità di ottenere una prova decisiva fra le due opposte ipotesi, per mezzo di opportune osservazioni sulle « stelle doppie ». Essi segnalano, infatti, che nella seconda ipotesi gli intervalli di tempo che decorrono fra tre passaggi consecutivi della stella ruotante per i punti di « quadratura », avrebbero dovuto risultare ineguali (5).

Ma mentre lo stesso Comstock cominciava a tentare, con osservazioni non facili, di sottoporre a verifica questa previsione, De Sitter (6) riusciva, con poche considerazioni, a infondere in tutti la convinzione che le osservazioni sulle stelle « doppie » (7) e sulle leggi del loro movimento fornivano la più limpida e solida

(1) RITZ, *Ann. d. Ch. et de Phys.*, vol. XIII, pag. 145, 1908.

(2) Una breve notizia sulle origini fisiche della « relatività » e la loro critica si trova contenuta in una mia nota; pubblicata nel 1912 (*N. Cim.* vol. III, pag. 345). Una più ampia si potrà trovare in un mio articolo in *Scientia*, ottobre-novembre 1923.

(3) *Phys. Rev.*, vol. XXX, pag. 267, 1910.

(4) *Scientia*, Vol. IX, pag. 71, 1911.

(5) Queste osservazioni non avrebbero potuto portare un elemento di prova, se non nel caso in cui si fosse potuto in modo certo conoscere che l'orbita descritta dall'astro mobile fosse circolare.

(6) *Phys. Zeitschr*, Bd. XIV, pag. 429, 1913.

(7) La prima scoperta di coppie di stelle, vincolate fra loro da rapporti analoghi a quelli che corrono fra Sole e Terra, cioè legate da attrazione reciproca

prova intorno alla indipendenza della velocità della luce dal moto della sorgente.

Infatti, dice presso a poco De Sitter, se la velocità di propagazione della luce si componesse con quella di rotazione della stella, i raggi luminosi emessi nella prima quadratura (posiz. *A* della fig. 1) e viaggianti per ipotesi con la velocità $c - v$ (¹) rispetto all'osservatore (posto in *M*), finirebbero col sovrapporsi e confondersi con quelli emessi nell'altra quadratura, viaggianti con la velocità $c + v$, sicchè riuscirebbe impossibile distinguere e separare nel tempo le diverse posizioni della stella, e *impossibile riconoscere la legge del movimento orbitale*.

Ora il ragionamento di De Sitter, se ha il merito di una grande evidenza intuitiva — motivo per cui è stato facilmente accettato senza quasi discussione — è troppo semplicistico ed incompleto, e però abbraccia e confonde insieme casi per i quali la conclusione finale è giusta, con casi (la maggioranza indubbiamente) a cui la stessa conclusione non conviene affatto.

Un'analisi più completa di ciò che l'osservatore terrestre dovrebbe vedere nell'ipotesi balistica, ci permette di riconoscere facilmente l'errore delle conclusioni di De Sitter, in quanto ci fa riconoscere che *osservazioni telescopiche e spettroscopiche sulla legge di movimento di stelle doppie, sono largamente possibili, al sicuro di ogni inconveniente* dovuto alla sovrapposizione di luce; non solo, ma *questa analisi ci conduce a dare una chiara e semplice spiegazione* — ciò che è sommamente importante — *di un vasto gruppo di fatti astronomici* dei più interessanti ed oscuri: quello delle stelle variabili, provandoci che *l'ipotesi balistica, nell'interpretazione dei fenomeni astronomici, si dimostra incomparabilmente più feconda di risultati e più vicina ai fatti naturali, che non quella di Einstein*.

STELLE DOPPIE ED IPOTESI BALISTICA

2. — Ammettiamo, dunque, che la velocità della luce si sommi con quella della sorgente (in moto) che la emette.

Immaginiamo una stella *S* che ruoti attorno ad un centro secondo un'orbita, per semplicità circolare, nel senso della freccia, con la velocità v ; (¹) e un osservatore posto nel piano del circolo, lungo la direzione *SM*, a distanza d dal centro *O* del circolo (d estremamente grande rispetto al raggio r del circolo). Se

e animate da un moto di rotazione rispetto al comune centro di massa, fu fatta da Herschel, il quale riuscì ad osservare la traiettoria ellittica descritta da una delle due stelle attorno all'altra, ed a mostrare che questo moto ellittico avviene in conformità della 2^a legge di Keplero, Questa importantissima scoperta permise la estensione della legge di Newton al di fuori del nostro sistema solare, con i noti frutti di quelle conoscenze che possediamo intorno alle masse stellari.

(¹) Si suppone qui implicitamente che il piano dell'orbita sia poco inclinato rispetto al raggio visuale; e, in ogni caso, che v sia la proiezione della velocità tangenziale sul piano determinato dalla visuale stessa e dalla normale ad essa giacente nel piano dell'orbita.

con t indichiamo il tempo di partenza dei raggi luminosi dalla stella, e con T quello dell'arrivo all'osservatore, e conveniamo di scegliere come origine comune l'istante di un passaggio della stella per la posizione A , troviamo facilmente che

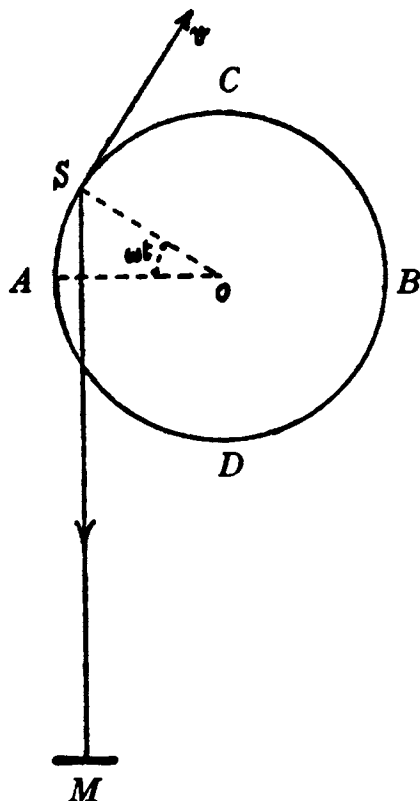


Fig. 1

l'osservatore riceverà i raggi emessi da una posizione S qualsiasi, nell'istante T , dato da:

$$T = t + \frac{d}{c - v \cos \omega t} = t + \frac{a}{1 - b \cos \omega t} \quad [I]$$

dove $\omega = 2\pi/\tau_0$ è la velocità angolare della stella, τ_0 il tempo di una rotazione, $a = d/c$; $b = v/c$.

Il termine periodico che è contenuto in T acquista un'importanza assai diversa da caso a caso, a seconda dei valori relativi delle tre quantità a , b , τ_0 le quali in concreto presentano limiti di variabilità molto ampi.

Si conoscono, infatti, esempi di stelle doppie per cui il tempo τ_0 di rotazione è di ben 400 anni (β Carinae, γ Leonis) e se ne conoscono molte per le quali lo stesso tempo è di tre giorni soltanto (β Persei) e anche meno.

Per conseguenza, pure fortemente differenti debbono risultare le velocità tangenziali v (e perciò i valori di b) per le quali si conoscono cifre che vanno da un minimo di 6 a 8 Km/sec. come per Sirio e la Polare (minimo che è quello

che l'osservazione spettroscopica consente di raggiungere) a un massimo imprecisato che sembra raggiungere i 300 Km/sec. (β Aurigae 240 Km/sec.)

Limiti ampi di variabilità ci si presentano pure nei valori di a , poichè accanto a stelle doppie come α Centauri — che come si sa, ha la più piccola distanza da noi ($\frac{d}{c} = 4,5$ anni circa) — e Sirio ($\frac{d}{c} = 9$ anni), troviamo la τ Vulpis e la δ Lyrae che sono quasi al limite della visibilità ad occhio nudo ($5^{\text{a}},5$ grandezza) per le quali il rapporto $\frac{d}{c}$ tocca circa i 130 anni; *per fermarci alle stelle finora sicuramente conosciute come doppie.*

Se vogliamo dunque acquistare una chiara nozione dell'importanza che il termine periodico contenuto in T può acquistare nei vari casi, occorre che ci mettiamo sopra il terreno concreto, discutendo certi casi particolari per costruirci i vari tipi di fenomeni che ci si possono presentare in tanta svariata molteplicità di condizioni.

3. — Pertanto posto $a = K\tau_0$ scriveremo la [1] così:

$$T = t + \tau_0 (K + Kb \cos \omega t - Kb^2 \cos^2 \omega t + Kb^3 \cos^3 \omega t - \dots) \quad [1']$$

e faremo osservare che siccome b nella realtà è sempre piccolo (difficilmente raggiunge 10^{-3}) se K non è molto grande, la (1') si può limitare, per i fini concreti che abbiamo di mira, ai soli primi tre termini, cioè si può porre:

$$T = t + K\tau_0 + Kb\tau_0 \cos \omega t. \quad [2]$$

Anzi tutte le volte che il prodotto Kb risulti p. es. minore di 10^{-2} , l'influenza dello stesso terzo termine, il periodico, risulta assai debole: poichè la temuta sovrapposizione di raggi luminosi emessi da posizioni diverse (e cioè l'uguaglianza delle T , fra raggi partiti in istanti t differenti) può aver luogo per posizioni distanti di archi piccoli (minori p. es. di un centesimo della lunghezza della traiettoria). *Tale sovrapposizione non può dare disturbi praticamente apprezzabili ad un osservatore che rilevi di tempo in tempo le successive posizioni dell'astro, o la sua velocità radiale e questi potrà quindi determinare la proiezione dell'orbita sulla sfera celeste, e riconoscere senza inconvenienti se la 2^a legge di Keplero sia o no applicabile al moto osservato (1).*

(1) A chi volesse conoscere se le condizioni qui sopra supposte siano o no applicabili a quelle stelle per cui la verifica diretta della legge di Keplero è stata fatta, ricorderò qualche esempio.

La doppia meglio conosciuta, e sulla quale le migliori osservazioni circa la validità della legge di Keplero sono state fatte è la stella a noi più vicina, α Centauri.

Gli effetti della sovrapposizione diventano cospicui nei casi in cui il prodotto Kb è vicino all'unità.

Anche per l'esame di questi casi possiamo praticamente valerci della formula più semplice [2], poichè essendo Kb vicino ad 1 l'ampiezza del terzo termine sarà dell'ordine stesso di τ_0 (ciò che significa che avviene sovrapposizione di raggi emessi a intervalli di tempo confrontabili con il periodo, e perciò da punti della traiettoria molto lontani fra loro) mentre quella del 4° termine, ⁽¹⁾ a motivo della piccolezza di b , sarà di un ordine di grandezza assai più piccolo; ciò che significa che questo effetto secondario di sovrapposizione è limitato fra raggi emessi da posizioni pochissimo discoste lungo la traiettoria e perciò è poco notevole.

Per facilitare le nostre considerazioni ci riferiremo alle curve delle figg. 2 e 3 che sono rappresentazioni grafiche della legge [2], costruite ⁽²⁾ per certi casi

Per essa abbiamo: $a = 1640$ giorni; $\tau_0 = 81,19$ giorni; $v = 24$ Km./sec. cioè $b = 8 \cdot 10^{-5}$, e quindi $Kb = 1,6 \cdot 10^{-3}$.

Un'altra doppia bene studiata, perchè molto vicina, è Sirio, per la quale abbiamo $a = 9$ anni; $\tau_0 = 48,84$ anni cioè $K = 0,18$; $v = 8$ Km./sec. e quindi $b = 2,7 \cdot 10^{-5}$; perciò $Kb = 5 \cdot 10^{-5}$.

Per α Aurigae, $a = 4000$ giorni in cifra tonda; $\tau_0 = 104$, K in cifra tonda 40; $v = 30$ Km./sec.; $b = 10^{-4}$, $Kb = 4 \cdot 10^{-3}$.

⁽¹⁾ A titolo di esempio possiamo supporre $v = 60$ Km./sec. che è molto vicino alla media delle v misurate sulle « doppie » finora conosciute, e cioè: $b = 2 \cdot 10^{-4}$. Se il prodotto Kb è vicino ad 1, vuol dire che K è dell'ordine $0,5 \cdot 10^{-4}$, e la [1'] nell'ipotesi $K = 0,5 \cdot 10^{-4}$ dà:

$$T = t + \tau_0 (0,5 \cdot 10^{-4} + \cos \omega t - 2 \cdot 10^{-4} \cos^2 \omega t \dots)$$

ossia già il quarto termine porterebbe sovrapposizione di raggi emessi dentro un intervallo di tempo $2 \cdot 10^{-4} \tau_0$ cioè da posizioni distanti $1/5000$ della lunghezza della traiettoria.

⁽²⁾ Si giunge rapidamente alla costruzione per punti e tangenti delle curve

$$T = t + \frac{K}{1 - b \cos \omega t} \quad \text{o piuttosto} \quad T = t + \tau_0 (K + Kb \cos \omega t)$$

cercandone i punti d'intersezione con le rette che vengono definite dalla stessa equazione, quando al posto di $\cos \omega t$ si mettono i valori numerici più notevoli di questa funzione e cioè:

$$0 ; \pm 1 ; \pm \sqrt{1/2} ; \pm 1/2 ; \pm \sqrt{3/2}$$

e cercando anche i rapporti direttivi della tangente alla curva in tali punti. Così per es., in corrispondenza al valore $\cos \omega t = 0$ avremo la retta $T = t + K \tau_0$ che taglia la curva in tutti i punti di ascissa, t , per cui risulta $\cos \omega t = 0$, cioè:

$$\omega t = \pi \left(2n \pm \frac{1}{2} \right) \quad \text{ossia} \quad t = \frac{\tau_0}{2} \left(2n \pm \frac{1}{2} \right)$$

e conviene distinguere i punti per i quali la frazione $\frac{1}{2}$ ha il segno + dagli altri, poichè il rapporto direttivo della tangente negli uni e negli altri prende i valori:

$$\dot{1} - 2\pi Kb ; \dot{1} + 2\pi Kb$$

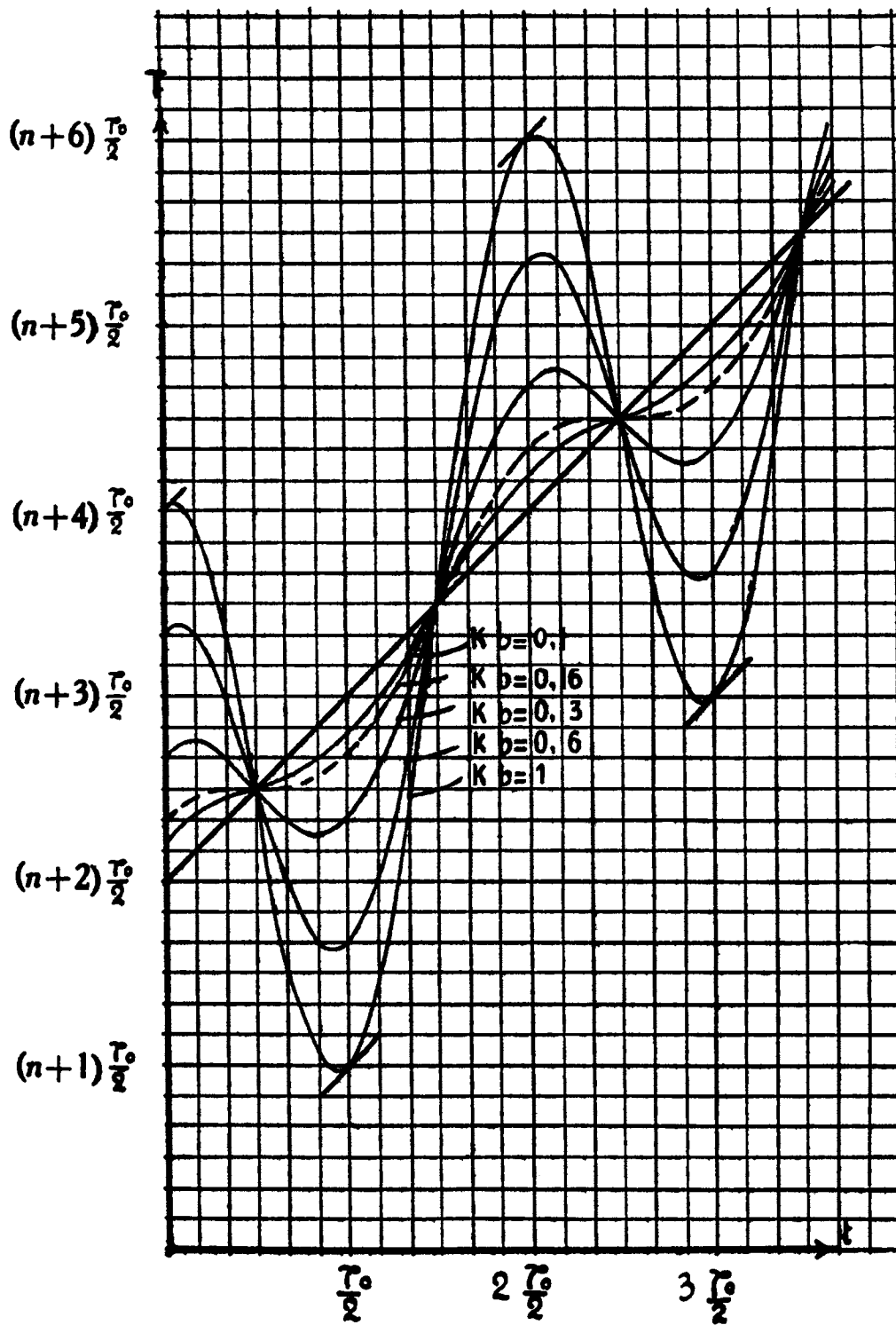


Fig. 2

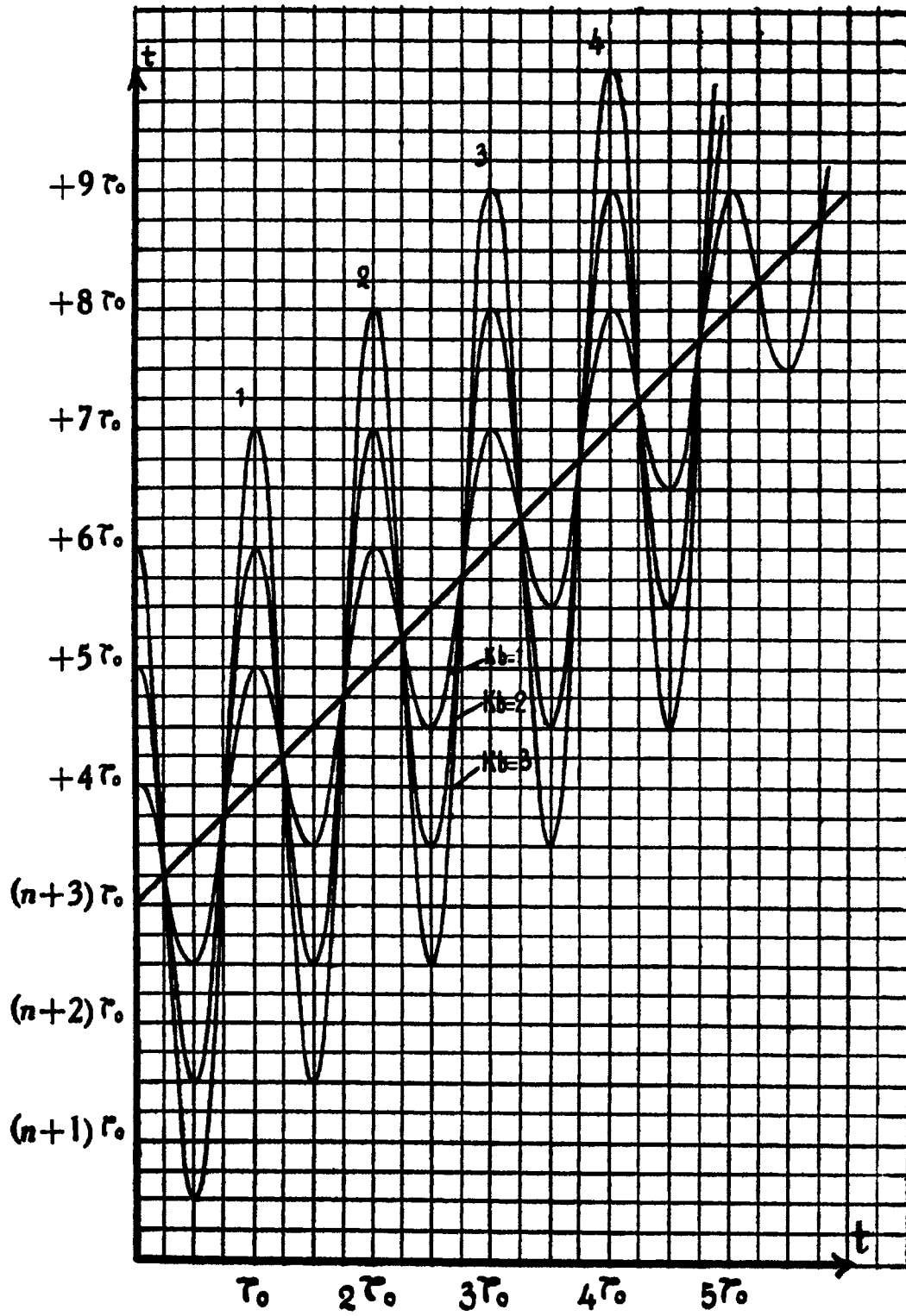


Fig. 3

concreti più interessanti, precisamente per i seguenti valori del prodotto Kb : 0,1; 0,16; 0,3; 0,6; 1; 2; 3.

Esaminiamo da vicino l'andamento di qualcuna di tali curve; riferiamoci per es. a quella definita da $Kb = 1$.

Cominciando a considerare le cose nel momento in cui l'osservatore riceve la luce partita dalla stella nell'istante $t = 0$, rileveremo le seguenti circostanze importanti:

a) la luminosità della stella apparirà come tendente ad un massimo (ciò che chiariremo meglio or ora);

b) in tale momento l'osservatore ha già ricevuto tutta la luce che la stella aveva emessa nelle posizioni occupate durante poco più di tre quarti del primo giro, e una buona parte del 2° giro; precisamente dalle posizioni vicine alla 4ª quadratura.

Da questo momento in poi — o più esattamente dal massimo — l'osservatore riceve contemporaneamente, in ogni istante, luce emessa da tre posizioni diverse prese dalla stella: la prima appartenente alla fine del primo giro e posta lungo un arco che comincia al di là dei $\frac{3}{4}$ della traiettoria (dopo la prima congiunzione), l'altra compresa fra la 2ª opposizione e la 4ª quadratura, appartenente dunque al 2° quarto del 2° giro; la terza compresa fra questa quadratura e la seconda congiunzione (appartenente al 3° quarto del 2° giro).

È da notare che le tre porzioni della curva ⁽¹⁾ comprese tra le parallele all'asse t condotte per i punti $T_0 = (n + 4) \tau_{0/2}$; $T_1 = (n + 5) \tau_{0/2}$ sono fortemente inclinate su questo asse, ciò che ci dice che mentre i tempi di partenza dei raggi luminosi variano dentro un intervallo molto ristretto, quelli di arrivo si estendono in un intervallo assai maggiore.

In conseguenza la luce che l'osservatore riceve dall'astro mobile per ogni unità di tempo, in questo intervallo, risulta più piccola della quantità x che egli avrebbe ricevuto se l'astro fosse rimasto fermo.

Quando T sta per toccare il valore T_1 , sopra detto, alla luce delle posizioni immediatamente successive si aggiunge la luce emessa dalla stella al momento della 6ª quadratura, intorno a cui la T passa per un massimo; cosicchè in un intervallo ΔT assai breve l'osservatore, riceverà in più la luce emessa dall'astro mobile in un tempo alquanto maggiore di ΔT ; e cioè l'intensità

È superfluo dire che tutte queste rette sono inclinate a 45° rispetto agli assi, e che le due rette che corrispondono ai valori ± 1 di $\cos \omega t$ (e cioè rispettivamente ai valori $t = 2n \tau_{0/2}$; $t = (2n + 1) \tau_{0/2}$) sono tangenti alla curva, la quale resta tutta compresa dentro la striscia limitata da queste due rette.

Per ragioni ovvie nelle figure abbiamo supposto trasportato l'asse delle t verso l'alto parallelamente a sè stesso di una quantità conveniente al disegno.

⁽¹⁾ Escludiamo per ora la porzione vicina all'asse T in cui si verifica un massimo; cioè consideriamo la prima parallela condotta non da T_0 , ma dal massimo.

luminosa apparente dell'astro deve salire rapidamente ad un massimo, nel quale la luce giunta è parecchie volte maggiore di quella, x , che sarebbe stata ad astro fermo.

A partire da questo momento l'intensità luminosa deve andare decrescendo, senza tornare a quei valori molto deboli per primi considerati, perchè l'osservatore riceverà luce proveniente da 5 posizioni differenti della stella, e perchè queste posizioni corrispondono ad archi della nostra curva nei quali $\Delta T/\Delta t$ prende valori sempre minori di quelli presi lungo i tratti precedenti. Poco dopo l'istante $T_2 = (n + 5.5) \tau_{0/2}$ in cui ha luogo la seconda congiunzione, la luminosità passerà per un secondo minimo, di valore alquanto più grande del primo, per tornare subito a crescere e raggiungere un secondo massimo, subito dopo il tempo $T_3 = (n + 6) \tau_{0/2}$ (1).

Finalmente l'intensità luminosa tornerà rapidamente al valore minimo visto in principio, per ricominciare tosto lo stesso ciclo periodico.

Riepilogando, se una stella ruota attorno a un centro e soddisfa alla condizione da noi supposta ($Kb = 1$) *deve presentare delle alternative di luminosità, che ci si rivelano come un mutamento periodico della sua grandezza apparente, ossia la stella ci deve apparire « variabile » (a periodicità doppia).* (2).

4. — Risultati essenzialmente analoghi, sebbene differenti nei particolari, abbiamo, analizzando le altre curve costruite.

Per $Kb = 0,6$ l'influenza del termine periodico sui valori di T si può dire nel suo pieno sviluppo.

(1) Per farci un'idea del valore medio della luminosità apparente che presenterà la stella in queste diverse fasi, possiamo sulla figura stimare i valori medi che in corrispondenza di essi prende il rapporto $\Delta T/\Delta t$.

Subito dopo il massimo che si verifica per $T = T_0$, troviamo che in una durata $\Delta T = \tau_{0/4}$ circa, l'osservatore riceve la luce che la stella emette lungo i tre archi sopra indicati che sono percorsi in un tempo (somma delle proiezioni dei tre archi sull'asse t) di circa $\tau_{0/10}$. In media la luminosità app. della stella in questo intervallo risulterà dunque minore della metà di quella che avrebbe presentata se fosse immobile. Intorno al massimo abbiamo che in una durata $\Delta T = \frac{2}{80} \tau_0$ l'osservatore riceve luce emessa in un tempo più che 4 volte maggiore, e quindi l'astro presenterà uno splendore 4 volte maggiore di quello che avrebbe presentato stando fermo. In complesso dal 1° minimo al 1° massimo la luminosità varia circa da 1 a 8; e perciò un salto della stella di due classi nella scala delle grandezze apparenti (perchè — com'è noto — si calcola che il rapporto tra le intensità luminose di due stelle appartenenti a classi contigue sia circa 2,5). Nel secondo minimo l'intensità apparente risulta in media uguale a quella che corrisponderebbe all'astro fermo, poichè dalla figura abbiamo

$$\Delta T = \frac{22}{80} \tau_0 \quad \text{e} \quad \Delta t = \frac{20}{80} \tau_0 \quad \text{circa.}$$

(2) Più in là vedremo come questa conclusione vada completata quando si supponga che il centro di attrazione sia un'altra stella, costituente con la prima un sistema ruotante attorno al comune centro di massa. Per ora ci contenteremo di affermare che se per una delle due stelle è soddisfatta la nostra condizione, l'apparenza di variabilità deve continuare a sussistere sebbene in misura attenuata.

Cominciando l'analisi dal solito massimo che segue subito al momento in cui l'osservatore riceve la luce emessa dalla stella all'istante $t = 0$ cioè ($T_0 = K\tau_0 + Kb\tau_0$) la curva per tutto un intervallo ΔT quasi uguale $\tau_0/6$ viene tagliata in un sol punto dalle parallele all'asse t , e presenta in questa regione un rapporto $\Delta T/\Delta t$ molto grande e presso a poco costante.

Poco dopo l'istante $T_0 + \tau_0/6$ la luminosità raggiunge rapidamente un massimo, poichè alla luce proveniente dalle posizioni successive (a quelle già considerate) del primo giro, e nelle quali il $\Delta T/\Delta t$ va diventando più piccolo, si aggiunge *bruscamente* quella emessa al momento della 2^a quadratura del 2^o giro, in cui $\Delta T/\Delta t$ è molto piccolo; dopo il quale l'intensità luminosa decresce fino ad un nuovo minimo, alquanto più alto del primo, e finalmente ripassa per un nuovo massimo uguale al primo.

In complesso l'osservatore vedrà la stella, per circa un sesto del periodo come di intensità minima (ordine di grandezza massimo), e nell'altra metà, la vedrà passare per due massimi consecutivi, separati da un minimo — equidistante — alquanto più elevato di quello iniziale. (²)

La curva della fig. 4 ci dà con sufficiente approssimazione la legge di questi cambiamenti quando $Kb = 0,5$.

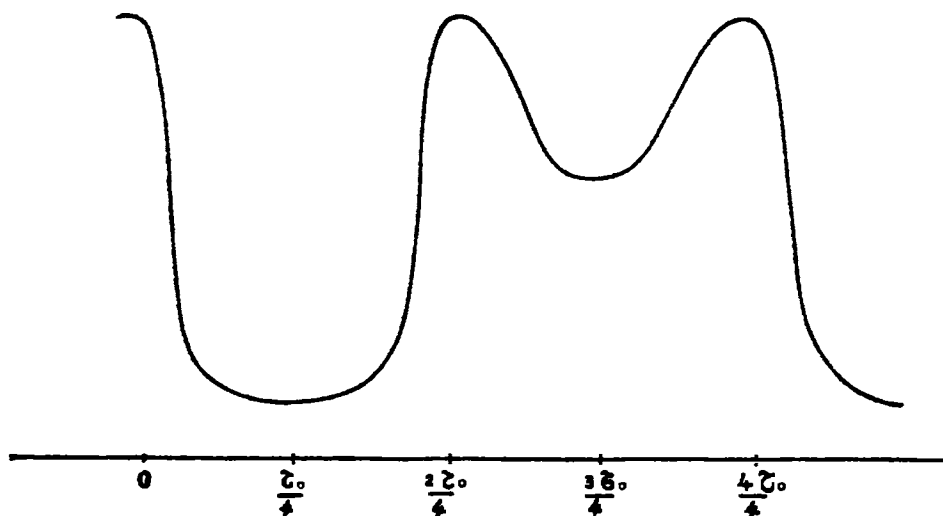


Fig. 4

Per $Kb = 0,16$ abbiamo una curva interessantissima, costituita da alternative di lunghi tratti quasi rettilinei e pochissimo inclinati rispetto all'asse t , con altri molto erti; gli uni agli altri convenientemente raccordati.

(²) Volendo fare una stima — sulla figura stessa — dell'intensità relativa dei massimi e dei due minimi, si trova che in vicinanza dei massimi la luminosità media deve divenire da 5 a 6 volte maggiore della κ — essendo κ l'intensità luminosa che avrebbe l'astro immobile —; nel minimo secondario deve scendere a circa 4 o 3,5 κ ; e nel minimo principale a $\frac{2}{3} \kappa$. L'ampiezza totale del mutamento di luce è dunque superiore al rapporto 25: 1, ciò che significa un salto di grandezza apparente di ben 3,5 classi.

In queste condizioni avremo dunque delle *forti* oscillazioni di luce, composte di massimi molto intensi e di *breve durata*, a cui con rapido cambiamento succedono minimi a luminosità quasi uniforme e di *lunga durata* ⁽¹⁾.

Finchè $Kb \geq \frac{1}{2\pi}$ ci si presentano ancora i fatti di sovrapposizione di luce emessa dall'astro in punti della traiettoria alquanto lontani fra loro; (una parallela all'asse t può intersecare tre volte la curva) e la doppia periodicità precedentemente vista, con due massimi pressochè uguali e due minimi fortemente differenti.

A misura che il prodotto Kb continua ancora più a decrescere, l'ampiezza di variazione di T diventa sempre più piccola, e la curva viene tagliata sempre in un sol punto dalle parallele all'asse t ; avremo non pertanto ancora delle fluttuazioni

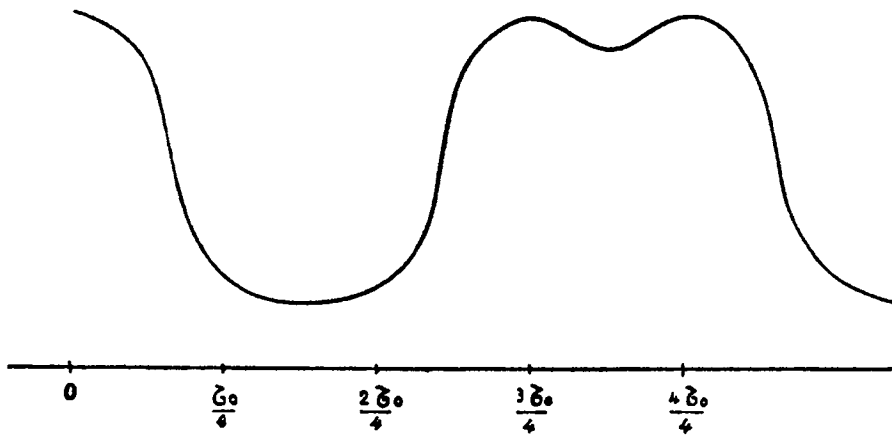


Fig. 5

nella luminosità osservata, perchè il rapporto $\Delta T/\Delta t$ subisce sempre dei mutamenti sensibili. Data però la difficoltà e la scarsa precisione delle misure fotometriche in genere, e di quelle che si possono fare e che sono state fatte in astrofisica in ispecie, si comprende come ben presto queste lievi oscillazioni diventino inosservabili. Praticamente si può forse ritenere che ciò avvenga per $Kb < 1/20$.

5. - Per Kb crescente a partire da $1/2$, il carattere essenziale delle curve $T = f(t)$ si mantiene dapprima sostanzialmente lo stesso; avremo perciò vicissitudini nella luminosità apparente della stella, analoghe a quelle rappresentate nella fig. 4, con queste sole varianti:

- a) la fase di minimo occupa un tempo più breve di quella del massimo.
- b) la differenza d'intensità fra i massimi ed il minimo secondario interposto diventa sempre più piccola col crescere di Kb .

⁽¹⁾ Da una stima fatta sulla figura, il rapporto di intensità fra gli uni e gli altri va almeno da un massimo di parecchie centinaia di π ad un minimo di $\pi/2$; sicchè l'ampiezza dell'oscillazione luminosa totale risulta equivalente ad un salto di 7 gradini almeno della scala delle grandezze.

I due massimi si presentano sempre più ravvicinati e tendono a confondersi in uno solo.

La fig. 5^a che si riferisce al caso $Kb = 0,70$, messa in confronto con la 4^a, mostra chiaramente queste modificazioni.

Interesse via via minore vanno presentando le curve corrispondenti a valori di Kb sempre più grandi di 1. La sovrapposizione di luce avviene per un numero di posizioni sempre più grande, appartenenti a periodi e fasi sempre più diversi, e tutto ciò che il nostro osservatore potrà notare saranno delle piccole oscillazioni dell'intensità luminosa nei momenti in cui i valori di T toccano i massimi e i minimi della curva in esame.

Già per $Kb = 5$ il numero dei punti di intersezione della curva $T = f(t)$ con una parallela all'asse t (cioè le posizioni di sovrapposizione di luce) diventano in generale 20. La luce inviata dall'astro subirà in corrispondenza dei massimi e minimi di questa curva, dei lievi rinforzi con periodo $\tau_0/2$, i quali andranno a diluirsi nella luce totale, pressochè costante, proveniente dalle altre numerose posizioni.

Si comprende, quindi, facilmente, come ben presto, cioè per i valori di Kb non minori di 10, ogni oscillazione nell'intensità luminosa diventerà inapprezzabile; *la stella diventerà incapace di svelarci per via di cambiamenti della grandezza apparente il suo moto periodico, cioè la sua condizione di « satellite » di una « doppia », o di un sistema più complesso* (1).

6. - Le considerazioni fin qui fatte ci permettono di rispondere in modo preciso alla nostra prima questione:

È, o no, compatibile l'ipotesi della composizione fra la velocità della luce e quella eventuale della sorgente, con le ricerche fatte sulle « stelle doppie »?

Per le doppie telescopicamente risolubili (che sono poi le sole su cui la validità della 2^a legge di Keplero è stata veramente riconosciuta e controllata) la condizione voluta a quel fine dalla nostra analisi, $Kb < 10^{-1}$ è largamente soddisfatta. Dunque *le osservazioni fatte su di loro nulla provano contro la nostra ipotesi*.

Per le altre « doppie », quelle *spettroscopicamente* risolubili, l'applicazione della 2^a legge di Keplero non è stata imposta dalle misure, ma è stata fatta a titolo di ragionevole generalizzazione.

(1) Non mette conto di discutere il caso in cui il prodotto Kb essendo molto grande, risulti Kb^2 dell'ordine dell'unità. (vedi form. 1').

In tal caso l'ampiezza della variazione dovuta al 4^o termine diventerebbe dell'ordine di τ_0 , e cioè esso lascerebbe prevedere sovrapposizione di luce da posizioni alquanto lontane occupate dall'astro sulla traiettoria. Ma siccome il 3^o termine ha un'ampiezza un migliaio di volte maggiore, la larghezza della striscia dentro cui è compresa la curva risulta circa $2000 \tau_0$, vuol dire che una parallela all'asse t incontrerà circa 4000 volte la curva $T = f(t)$; e quindi da tutte queste varie posizioni *diverse* verrà raccolto in ogni istante un totale di luce praticamente costante.

L'osservazione spettroscopica ha fornito solo la conoscenza del periodo di rotazione, e quella delle velocità delle supposte stelle componenti; in base ai quali dati, e con la scorta delle leggi di Keplero (supposte perciò applicabili) sono stati dedotti gli altri elementi del moto (le dimensioni dell'orbita) e le masse delle componenti.

Periodi e velocità si deducono per mezzo degli spostamenti periodici delle righe spettrali, sicchè il punto da esaminare si riduce a questo: le misure di tali spostamenti vengono o no disturbate dalle sovrapposizioni di luce che la nostra ipotesi prevede? ⁽¹⁾

Abbiamo già visto, nelle prime pagine di questa Memoria, che se il prodotto Kb è piccolo non si avrà sovrapposizione di luce, se non da punti della traiettoria poco distanti; ciò vuol dire che allo spettroscopio arriveranno allora contemporaneamente raggi viaggianti con velocità poco differenti; avremo dunque, se pure in misura apprezzabile, una lieve espansione delle righe, variabile periodicamente con il periodo di rotazione dell'astro, la quale si sovrappone allo spostamento periodico previsto in base alle ipotesi ordinarie. Nessun inconveniente dunque per la misura di questo spostamento.

La stessa conclusione regge ancora quando il prodotto Kb si avvicini ad 1. Precisamente fino a che la curva $T = f(t)$ viene tagliata in un solo punto dalle parallele all'asse delle ascisse, ciò che avverrà al crescere di Kb sarà un aumento dell'espansione della riga, e l'evidenza maggiore della variazione periodica di larghezza.

Allorchè Kb raggiunge valori tali che $Kb > \frac{1}{2\pi}$ la curva può essere tagliata *tre volte* da alcune parallele e potremo avere, in corrispondenza, righe multiple — se alle posizioni da cui giunge la luce contemporaneamente corrispondono velocità alquanto differenti — o semplicemente espanse, con carattere di periodicità perfettamente regolare, così da permettere la determinazione del periodo, e da permettere, con la misura della distanza delle componenti o della larghezza della riga, la determinazione della velocità istantanea posseduta dal corpo girante nelle varie posizioni; cioè di quegli elementi che occorrono alla deduzione del raggio dell'orbita e della massa del corpo, in base alle leggi di Keplero (supposte già applicabili).

Anzi la dissimetria delle curve nostre, rispetto alle parallele all'asse delle

⁽¹⁾ Qui supponiamo implicitamente risolta una grave questione: quella del modo di considerare l'effetto Doppler nel caso dell'ipotesi balistica. Riserbandomi di trattare a parte questa quistione, mi limito qui a rilevare che le difficoltà intorno a questo importante fenomeno sorgono solo in base alla considerazione della *lunghezza d'onda*. Ora è bene ricordare che questo concetto non è *in modo essenziale vincolato alla natura periodica del fenomeno luminoso*, ma è subordinato all'immagine dell'etere; la quale, per se stessa è già inconciliabile con l'ipotesi balistica.

ordinate, ci fa facilmente prevedere che le due componenti di una riga ⁽¹⁾ appariranno allora non egualmente spostate rispetto alla posizione normale; sicchè saremo condotti ad attribuire due valori differenti alla velocità della sorgente, valori che nel modo attualmente in corso di spiegare il fenomeno, vengono attribuiti a due corpi differenti — le due componenti della doppia — che dovrebbero perciò avere luminosità, grandezze e velocità paragonabili fra loro. Invece, nel modo di spiegare da noi proposto i due valori apparirebbero *a momenti differenti del medesimo corpo girante* (attorno ad un centro grande e poco mobile).

Al crescere del prodotto Kb , cresce il numero dei punti di incontro della nostra curva con la parallela all'asse t . Finchè questo numero di punti è piccolo, 3, 5, avremo in generale righe espanse, che in qualche momento possono risolversi e presentare *due o più componenti distinte, come è stato in certi casi osservato, ma non è stato spiegato* (Mira Ceti) ⁽²⁾. Quando questo numero diventa grande, avremo sovrapposizione di luce proveniente da molte posizioni diverse, con velocità diverse, e quindi righe *fortemente e costantemente* espanse, nelle quali la larghezza presenterà piccoli cambiamenti, che al crescere di Kb diverranno inapprezzabili.

Solo, dunque, *allorchè il prodotto Kb sarà diventato più grande di 10, l'osservazione spettroscopica fondata sullo studio dei mutamenti periodici delle righe non ci permette più di constatare la natura di « doppie » delle stelle.*

Solo per questi casi i timori di De Sitter avrebbero, dunque, buon fondamento.

Ma nulla vi è di male a credere che l'indagine astrofisica non sia riuscita ancora a svelare la vera natura di un certo numero di stelle complesse. La nostra ipotesi ci aiuterà molto a scoprirle.

Lo stato di espansione costante presentato dalle righe spettrali di molte stelle è un fatto accertato ⁽³⁾; esso interpretato al lume della nostra ipotesi ci permetterà di riconoscerne la natura di « doppie » o meglio di sistemi complessi di stelle.

7. — Le seguenti considerazioni statistiche appoggiano in modo impressionante questa nostra opinione intorno alla probabile esistenza di molti sistemi complessi non ancora risolti:

⁽¹⁾ È frequente il caso che due delle tre posizioni della stella da cui i raggi giungono contemporaneamente, siano tali che le velocità dei raggi siano troppo poco differenti per dar luogo a due righe distinte. In questi casi si osserveranno dunque righe sdoppiate, e di diversa intensità:

⁽²⁾ Frequente è il caso dell'osservazione contemporanea della riga netta in posizione normale e di due componenti espanse laterali. Si vede subito come questo caso collimi perfettamente con quanto si può prevedere in base alle nostre curve.

⁽³⁾ Le stelle della prima classe spettrale sono caratterizzate dalla presenza delle righe dell'idrogeno fortemente espanse.

Il numero delle doppie spettroscopiche conosciute cresce dapprima rapidamente al crescere della loro grandezza apparente, raggiunge tosto un massimo, e decresce *precipitosamente*, tanto che pochissime se ne conoscono di grandezza uguale alla $5^{\text{a}} \frac{1}{2}$.

Nel seguente specchietto abbiamo raggruppato in ordine di grandezza — scalino di $\frac{1}{2}$ grandezza — le doppie riportate in un catalogo di Campbell, l'unico che ho potuto avere sotto mano:

Grandezza apparente . . .	1 ^a	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
Num. di doppie conosciute	3	3	6	9	16	21	29	32	13	5	0

Una rappresentazione grafica fornisce la fig. 6

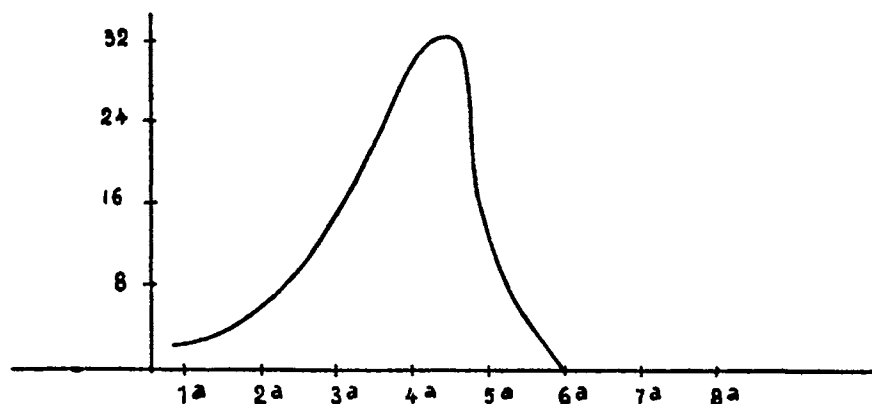


Fig. 6

Ora un comportamento di questo genere — è quasi superfluo rilevarlo — è in stridente contrasto con quanto dovrebbe prevedere, in base ai criteri ordinari della « probabilità », tenendo conto che il numero delle stelle appartenenti a ciascuno di questi intervalli di grandezza, cresce con rapidità enorme al crescere del numero d'ordine dell'intervallo.

Nasce quindi spontaneo il sospetto che qualche causa ben definita e costante limiti, e impedisca infine, la possibilità dell'osservazione di « doppie » (certamente esistenti) per mezzo dello studio degli sdoppiamenti e delle espansioni mutevoli e periodici delle righe; ed una causa di questo genere ci viene proprio additata dalla nostra discussione.

Valori $Kb > 10$ possono tanto più facilmente presentarsi quanto più grande è la distanza a , cioè più grande K , a motivo della necessaria piccolezza di $b = \frac{v}{c}$.

Ossia quanto più lontana è una « doppia » tanto minore diventa la probabilità che essa possa manifestarci, con le osservazioni solite, questa sua natura. Quando K è grande, occorreranno valori di b sempre più piccoli affinché la soglia $Kb = 10$

non sia superata; e con i valori di b piccoli le osservazioni riescono impossibili per altro motivo: per la piccolezza della espansione delle righe.

L'efficienza dei metodi spettroscopici per la scoperta di stelle complesse deve dunque, per questi motivi venire rapidamente meno, a misura che la distanza delle stelle cresce, cioè che l'ordine della classe cresce.

Su questo punto la nostra ipotesi si trova dunque in perfetta armonia con i fatti.

Possiamo pertanto affermare:

1° che *le osservazioni sulle stelle doppie conosciute non pregiudicano l'eventuale esattezza dell'ipotesi balistica intorno alla velocità di propagazione della luce, e tanto meno affermano la verità del 2° postulato della teoria di Einstein;*

2° che l'ipotesi balistica ci dà un ottimo fondamento per spiegare il curioso addensamento delle doppie conosciute intorno ai gradini 4° e 5° della scala delle grandezze apparenti.

Ma non si limita a questo soltanto il valore e la forza dell'ipotesi nostra.

BREVI NOTIZIE SULLE STELLE VARIABILI

8. — Il lettore si è già accorto che nelle brevi e semplici considerazioni intorno alle nostre curve abbiamo tracciato — senza averne avuto il proposito — l'orditura essenziale per una buona spiegazione teorica di un vasto ed attraentissimo campo di fatti astronomici, appassionatamente e lungamente discussi, ma ancora in gran parte riguardati come strani e pieni di mistero.

Sono i fenomeni presentati dalle « stelle variabili » e dalle « stelle nuove ».

Non sono questi fatti sporadici, che si possano ascrivere a circostanze occasionali, assai raramente realizzabili e realizzate, come è implicitamente ammesso in quelle spiegazioni di indole catastrofica, date per la maggior parte delle « variabili » conosciute; ma sono certamente fatti dipendenti da cause normalmente esistenti, bisognevoli solo di particolari e ben definite condizioni per dare effetti a noi manifesti.

Per convincersene basta tener presente che il numero delle « variabili » conosciute in modo certo *alcuni anni or sono*, superava il migliaio; e che quello delle stelle ritenute come tali superava 2000.

Il lettore non stimerà forse superflua qualche breve notizia intorno a questo campo di fatti, e alle idee che vi si rilegano. Ai competenti — che possono fare a meno della lettura di queste pagine — domando venia delle lacune, dipendenti dalla povertà del materiale che intorno all'argomento ho avuto a mia disposizione, e dalla mia impreparazione in questo speciale campo di studi.

Le « variabili » finora conosciute vengono raggruppate in tre classi distinte, (Scheiner) secondo i criteri seguenti:

Classe I.

Le « stelle nuove » caratterizzate da un grande sflogorio *improvvisamente acquistato* rispetto ad uno stato iniziale di molto debole luminosità o addirittura

di invisibilità; e dal *lento e spesso irregolare ritorno* alle condizioni iniziali. Non è ancora accertato se la loro comparsa sia o no periodica, ma se lo fosse, essa dovrebbe avere periodo molto lungo.

Classe II.

Stelle per lo più rosse di *periodo piuttosto lungo e non perfettamente regolare*.

Sottoclasse II-a. — Comprende quelle di periodo più lungo. *Gli aumenti di splendore avvengono sempre più rapidamente* delle diminuzioni. Il periodo è spesso variabile e si lascia esprimere con le solite formole di interpolazione con parecchi termini. Le oscillazioni dell'intensità luminosa sono per lo più assai notevoli.

Sottoclasse II-b. — Periodo alquanto irregolare; per lo più piccole variazioni dell'intensità luminosa.

Classe III.

Periodi brevi (da qualche diecina di ore, fino a qualche settimana) e qualche volta lentissimamente variabili; oscillazioni dell'intensità luminosa *molto regolari*. Colore per lo più bianco o gialliccio.

Sottoclasse III-a. — Le oscillazioni di luce sono relativamente piccole (non raggiungono l'ampiezza che corrisponde al passaggio delle stelle da una classe alla contigua). Accanto ai minimi principali e con essi alternati si presentano altri minimi secondari che possono corrispondere ad intensità luminose notevoli.

Sottoclasse III-b. — La fase di massimo dell'intensità abbraccia la più gran parte del periodo; i minimi, che si presentano con grande regolarità, scorrono veloci.

9. — Evidentemente qui, come in tutte le classificazioni di oggetti o di fatti disparati attorno a pochi tipi schematici, non si può pretendere di avere descritti ed esattamente rappresentati in poche parole i vari fenomeni osservati e pertanto riteniamo conveniente di esaminare da vicino alcuni casi tipici concreti delle diverse classi; e discuterli, insieme con le ipotesi attualmente in corso per spiegarli.

Procederemo in questa indagine percorrendo la classificazione data in ordine inverso, e però esaminiamo alcuni casi tipici della classe III b.

L'esempio più tipico ci è offerto dalla β *Persei* (Algol). Questa è una stella di grandezza variabile, fra 2,3 (massimo) a 3,5 (minimo) di periodo esattamente conosciuto di 2^g. 20^h. 48^m. 9^s ed assai costante (in circa un secolo è stata osservata una variazione di 8^s). Durante la maggior parte di questo tempo la luminosità della stella si mantiene vicina al massimo; scende e percorre la fase di minimo in 9^h e 45^m.

Era stato da molto tempo supposto che i regolarissimi cambiamenti di luce osservati in questa stella fossero dovuti al passaggio, davanti di essa (sulla linea di mira) di un satellite più oscuro che le girasse intorno. Questa supposizione si ritiene confermata per mezzo dello spettroscopio il quale mostrò che certe righe dello spettro sono doppie. Misurando la distanza delle righe sono state

anzi calcolate le velocità secondo il raggio visuale, dell'astro e del compagno che risultarono 42 Km./sec. e 89 Km/sec. rispettivamente.

Comportamento analogo — ma non del tutto identico — presentano parecchie altre stelle (14 in tutto) che vengono dette appunto di « tipo Algol » delle quali per via spettroscopica è stata pure riconosciuta la natura di « doppie » ciò che ha naturalmente condotto ad estendere alla loro variabilità di grandezza la spiegazione qui sopra accennata.

A titolo di notizia diremo che non tutte le stelle di questo tipo presentano il comportamento semplice della β Persei: alcune mostrano un doppio

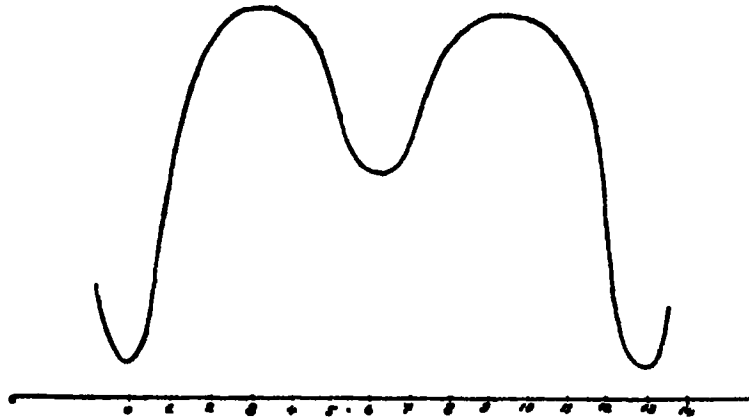


Fig. 7

periodo; così la γ Cygni presenta un cambiamento della grandezza fra le classi 7^a,1 e 7^a,9 con un periodo di 2^s 25^h 54^m nel quale si osserva un minimo secondario con i seguenti intervalli rispetto ai due massimi che lo comprendono: 1^s 10^h 11^m e 1^s 13^h 44^m. Analogamente la Z Herculis, grandezza 7^a,1 a 8^a; periodo 3^s 23^h 49^m presenta un minimo secondario ad intervalli di 1^s 22^h 49^m; 2^s 0^h 59^m dai due massimi consecutivi.

Assai vicino a questo ora descritto è il comportamento delle stelle *variabili* comprese nella classe III^a; e sostanzialmente identica ne è quindi la spiegazione proposta, che si ritien confermata dalle ricerche spettroscopiche. Ricordiamo alcuni esempi.

La β Lyrae presenta un periodo di 12^s 22^h, nel quale tempo la luminosità presenta due grandi massimi, di eguale valore, e due minimi differenti. Nel minimo principale la stella appare di grandezza 4,5, dopo 3^s 3^h raggiunge il primo massimo presentandosi di grandezza 3,4; dopo altri 3^s 6^h appare nel minimo secondario, di grandezza 3,9; ritorna in 3^s 3^h al massimo di prima, per ricadere infine alla grandezza 4,5. Il periodo è lentamente variabile. È interessante il confronto della curva di luce di questa stella data dalla figura 7^a, con la curva di luce tracciata in base al diagramma $T=f(t)$ per $Kb=0,5$ e rappresentata dalla figura 4.

La η Aquilae, periodo 7^s 4^h 20^m; dal minimo di grandezza 4,7 giunge

in 2^s 6^h alla grandezza 3,5, massimo principale, passa per il minimo secondario, grand. 4,1 dopo 1^s 15^h e risale al secondo massimo di grandezza 3,8 dopo 13 ore per tornare infine alla grandezza minima primitiva dopo 2^h 18^m. La figura 8^a ci dà il diagramma della luminosità di questa stella.

La δ Cephei presenta periodo 5^s 8^h 48^m, cambiamento di grandezza apparente dal massimo 3,7 al minimo 4,9; è interessante perchè il minimo secondario ed il 2^o massimo si confondono insieme in un punto di inflessione (fig. 9).

10. — La spiegazione proposta per la « variabilità » presentata dalle stelle di questo tipo, malgrado la solida base che la loro natura di *doppie* o

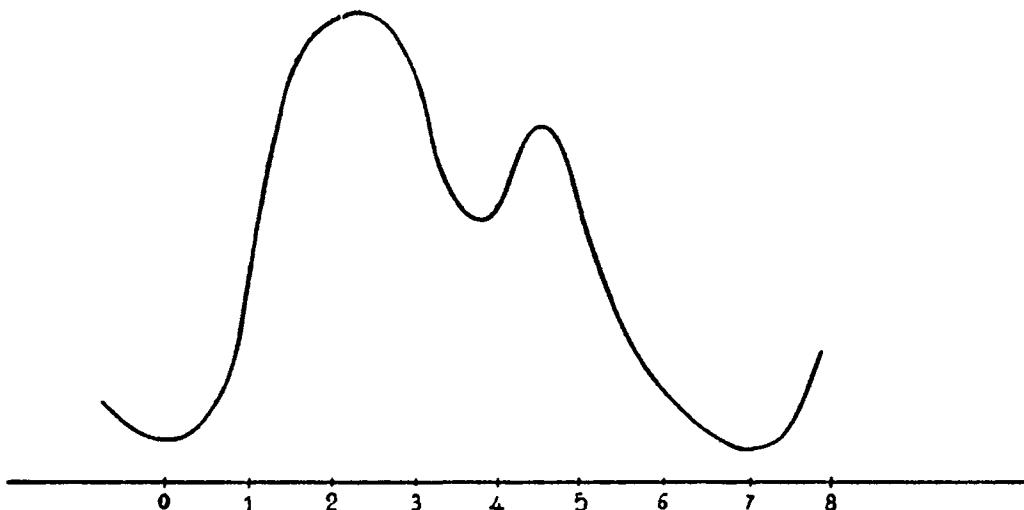


Fig. 8

meglio di *complessi*, con una componente (almeno) girante, ha trovato nelle ricerche spettrali, offre il fianco a qualche non lieve obiezione, che non è facile rimuovere.

Questa spiegazione chiarisce in modo brillante il comportamento semplice delle variabili di tipo Algol, ammettendo la periodica occultazione di una delle due componenti la doppia, per parte di un satellite più oscuro. Chiarisce il comportamento delle doppie di tipo β Lyrae ammettendo che le due componenti abbiano intensità differenti ma sempre notevoli; poichè allora i due massimi corrisponderebbero alle quadrature, il minimo principale alla *congiunzione* (con l'astro più debole interposto sulla linea di mira) il minimo secondario all'opposizione.

Ammettendo ancora — com'è stato fatto — che le traiettorie siano ellissi di non lieve eccentricità, e che l'asse maggiore non coincida con il raggio visuale, essa ci rende facilmente conto dell'ineguaglianza degli intervalli di tempo che decorrono fra i due massimi ed il minimo secondario che li segue.

Dove la spiegazione perde la sua forza di persuasione, è là dove si tratta di assegnare i motivi per i quali il secondo massimo possa riuscire notevolmente più debole del primo — come avviene per η Aquilae, e per δ Cephei —

ed il motivo per il quale l'intervallo di tempo fra il minimo secondario ed il secondo massimo, possa diventare così breve da confondersi quasi in un solo punto come avviene per δ Cephei.

Per spiegare la diversa intensità dei due massimi sarebbe necessario pensare che in una delle due quadrature abbia luogo una parziale sovrapposizione (apparente) delle due stelle componenti, il che è assurdo (equivalendo ciò ad ammettere che in certi punti della traiettoria le due stelle abbiano una distanza *minore* della somma dei loro raggi).

Per spiegare la piccolezza estrema dell'intervallo di tempo fra il minimo secondario ed il 2° massimo, bisognerebbe ammettere che il passaggio da una

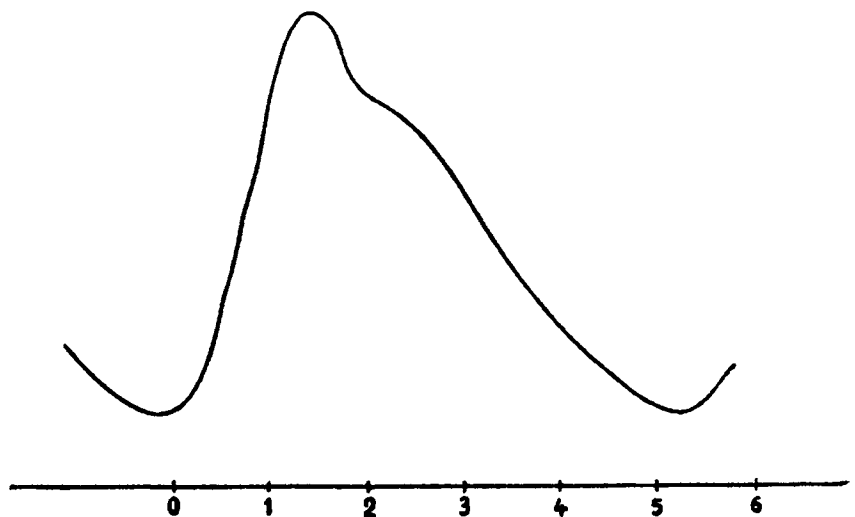


Fig. 9

congiunzione alla successiva quadratura avvenga in un tempo estremamente breve, ciò che non riesce in alcun modo comprensibile.

Altre difficoltà non lievi s'incontrano ancora per spiegare:

a) la presenza di durate della fase di minimo maggiori di quelle del massimo;

b) la rapidità molto più grande con cui si verifica la salita al massimo in confronto di quella della discesa al minimo.

In conclusione, benchè *l'ipotesi dell'occultazione* abbia un buon fondamento, nella conoscenza spettroscopica della natura di « doppie » delle nostre « variabili » essa *non è sufficiente a darci una chiara e completa spiegazione dei fatti* fin qui esaminati; fatti che sono i più semplici ma anche i *meno frequenti*, presentati dalle stelle variabili.

Veniamo ora alla II classe.

IX. - Il massimo numero di « variabili » appartiene a questa classe, e precisamente alla IIa.

Esse presentano periodi lunghi e lentamente variabili, e mostrano più

spiccato quel carattere *importantissimo* delle « variabili », che è l'aumento brusco della luminosità.

Esempi tipici di questa classe sono: La « Mira Ceti » scoperta fin dal 1596, che ha un periodo di 332 giorni circa (che non si mantiene costante) e presenta dei massimi di luminosità oscillanti fra le grandezze 1,7 e 5 e dei minimi pure oscillanti fra 8,0 e 9,5.

L'α' Geminorum, che ha un periodo di 86 giorni, fra i più brevi, dei quali 20 impiegati nella salita dal minimo (13^a grandezza) al massimo (9^a grandezza), 66 nella discesa.

La R. Ursae Maj. con un periodo di 302 giorni e un'oscillazione nella grandezza apparente di *ben 7,2 classi*; la X Cygni con un periodo di 406 giorni ed una oscillazione di grandezza di 9,5 classi (ciò che importa una variazione dell'intensità di luce da 1 a 4000).

Nella massa di fatti svariati ed oscuri che ha offerto lo studio di queste « variabili » sembra bene accertata una *curiosa regolarità*, la quale riguarda la ripartizione delle stelle di questa classe in gruppi differenti, distinti secondo la lunghezza del loro periodo.

Riportiamo in proposito il seguente specchietto che mostra tale legge di ripartizione per le 232 stelle che fino a pochi anni addietro erano state in modo certo assegnate a questa classe IIa.

Periodo in giorni —	Numero —
10 - 20	7
21 - 50	7
51 - 100	7
101 - 150	9
151 - 200	18
201 - 250	30
251 - 300	39
301 - 350	45
351 - 400	43
401 - 450	18
451 - 500	6
500	3

Esso mostra chiaramente che vi è una curiosa preferenza per il periodo di un anno circa; e di più si osserva che la discesa dal massimo avviene in modo alquanto più rapido della salita.

Di questa interessante regolarità non è stata finora intravista la più lontana ragione.

Per queste « variabili » gli astronomi hanno escluso a priori *come insoste-*

nibile l'ipotesi della periodica occultazione per parte di un satellite, a motivo della difficoltà di spiegare, per tale via, *l'irregolarità del periodo, la grande ampiezza del cambiamento di luce, la lunga durata del minimo ed il brusco passaggio dal minimo al massimo*, fatti tutti che non possono — com'è naturale — accordarsi con quella ipotesi.

Per questa ragione si sono dovute tirare in giuoco varie ipotesi, artificiose, delle quali ricorderemo brevemente quelle che hanno avuto maggior credito.

Secondo Zöllner per un processo di non uniforme raffreddamento si sarebbero formate alla superficie di queste stelle, delle vaste croste oscure, accumulate di preferenza su certe regioni. A causa della rotazione dell'astro attorno a sè stesso, avverrebbe periodicamente il passaggio di queste croste sul raggio visuale dando luogo alla variazione di luce col periodo *fondamentale*; il movimento di queste croste alla superficie dell'astro darebbe luogo alle irregolarità riscontrate nel periodo; la vastità di tali campi di croste spiegherebbe la lunga durata del minimo e una speciale configurazione spiegherebbe (?) la dissimmetria presentata dalla velocità dell'aumento e della diminuzione di luce.

Un miglioramento di questa ipotesi credette di dare Sylden, ammettendo che l'asse di rotazione della stella non coincida con il suo asse principale d'inerzia, ciò che darebbe luogo ai mutamenti del periodo.

La spiegazione oggi più accreditata differisce da questa, per la natura dello schermo che occulta periodicamente l'astro luminoso; alle croste di Zöllner sono state sostituite enormi *macchie*, alla rotazione dell'astro come ragione del periodo fondamentale, viene sostituita la formazione *periodica* di tali macchie (?); i fattori della variabilità del periodo sarebbero i cambiamenti di posizione di esse sulla superficie dell'astro e la rotazione di questo.

Non ci fermeremo a discutere la consistenza di questa ipotesi; supponendo anche la possibilità della formazione di macchie, analoghe a quelle del Sole, *le quali in breve tempo potessero coprire totalmente la superficie dell'astro* si potrebbe arrivare a spiegare un cambiamento di intensità corrispondente al salto di 4 classi al massimo nella scala delle grandezze apparenti (mentre si hanno variazioni di luce almeno 100 volte maggiori; salti di 9,5 classi) ed ognuno vede quali difficoltà si incontrino nel supporre che simili fenomeni estendentesi a *tutta la superficie della stella*, avvengano e si risolvano *ad intervalli presso che regolari* e dentro tempi relativamente assai brevi — come quelli di passaggio dal minimo al massimo —.

Simili apparizioni misteriose e strane per la natura, la vastità e la rapidità dei fenomeni immaginati, non hanno riscontro alcuno nel campo dei fatti.

Merita una breve notizia un'altra ipotesi — a mio modo di vedere tanto più plausibile quanto meno fortunata delle precedenti — dovuta a Klinkerfues. Questi ammette che le stelle variabili siano delle doppie molto strette

le quali girando secondo orbite molto eccentriche, al momento del passaggio per il periastro verrebbero a trovarsi a distanze così piccole, da cagionare reciproche deformazioni e spostamenti nelle atmosfere delle due stelle. Ammettendo che queste atmosfere siano fortemente assorbenti, gli squarci prodottisi per queste mutue deformazioni avrebbero come risultato l'aumento constatato dell'intensità luminosa. Ma anche questa ipotesi è insufficiente a spiegare tutti i particolari delle osservazioni; come l'entità gigantesca del cambiamento di luce, la presenza di due massimi, il differente intervallo fra essi ed i minimi, ecc...

12. — Per completare la nostra rapida informazione ci resta a dire qualche cosa delle stelle della I classe ossia delle « nuove ».

Per amore di brevità diremo solo poche parole intorno a questo interessantissimo e ricchissimo campo di osservazione, di cui l'esplorazione sistematica si può dire appena ieri cominciata.

Apparizioni *improvvisate* di stelle nuove che brillando anche più delle stelle di 1^a grandezza, ebbero in cielo una vita effimera, furono già osservate e registrate in tempi molto antichi (si hanno notizie dell'anno 134 a. Cr. all'anno 393 d. Cr.) Ma il loro studio sistematico comincia nel 1863 con l'apparizione della « nuova » della Corona, o stella di Birmingham, dal nome dello scopritore, che la trovò per la prima volta il 12 maggio come *stella di 2^a grandezza*, e ne osservò il rapido e breve aumento di splendore e la lenta diminuzione.

Meglio conosciute sono le vicissitudini della Nova Cygni che fu scoperta da Schmidt il 24 novembre 1876 come *stella di 3^a grandezza*, che presentò per alcuni giorni splendore costante diminuendo poi rapidamente, tanto che dopo *due settimane appena* era ridotta alla grandezza 6 1/2.

Conoscenze ancora più esatte si hanno per parecchie altre, ricordiamo solo le più celebri; la « Nova Aurigae » e la « Nova Persei ».

La prima, scoperta da Andersen il 23 gennaio 1892, non era prima conosciuta — e in ogni caso non poteva esistere che come stella più piccola della 11^a grandezza — poichè fino al 2 novembre 1891 essa non si trova sulla fotografia fatta di quella regione del cielo in questa data. Fu rinvenuta poi, già come stella di grandezza 5 1/2, sopra una fatta il 10 dicembre, e come stella di 4^a grandezza sopra un'altra fotografia fatta 10 giorni dopo. Dopo la scoperta diminuì rapidamente di splendore ed in aprile 1892 era appena visibile con i più potenti cannocchiali. *In agosto 1892* — particolare importante — *ridiventò più brillante* risalendo fino alla 9^a 1/2 grandezza, e da allora divenne presto debolissima, restando però sempre telescopicamente visibile.

La « Nova Persei » scoperta il 21 febb. 1901 pure da Andersen come una stella di grandezza 2 1/2, raggiunse in pochissimi giorni il suo massimo, acquistando maggiore splendore delle stelle di 1^a grandezza. È interessante notare che 28 ore prima della scoperta era stata presa da Williams una fotografia

di quella regione del cielo, *sulla quale non era traccia della « Nova »*, la quale perciò doveva trovarsi allo stato di stella inferiore alla 12^a grandezza.

Intorno a queste più recenti « Novae » è stato raccolto un vasto e prezioso materiale che non possiamo qui esaminare; ci contenteremo di ricordare che le curve di luminosità nella fase di decrescenza hanno sempre carattere assintotico ma presentano talvolta — come per la « Nova Persei » — oscillazioni notevoli e regolari: che lo spettro, complesso, mostra sempre righe brillanti *sdoppiate* e spesso divise in un maggior numero di componenti e mostra quasi sempre le componenti più intense spostate verso il rosso; mostra un fondo continuo che si indebolisce rapidamente e non uniformemente nelle diverse regioni, fino a sparire del tutto; finalmente che lo spettro di righe, superstite, va pure perdendo a poco a poco la massima parte dei suoi elementi, riducendosi a *una riga sola*, caratteristica delle nebulose.

Non è qui il caso di arrischiarsi a ricordare le varie ipotesi che sono state messe avanti, per spiegare i fenomeni di queste misteriose meteore. Ogni « Nova » ha acceso le fantasie ed ha lasciato una lunghissima scia di opinioni e di discussioni.

Dall'ipotesi della violenta conflagrazione fra due pacifici abitatori del cielo; da quella raffazzonata da Zöllner, a base di colossali eruzioni ed incendi sulla trama stessa della sua teoria delle variabili, dall'altra non meno curiosa — ed oggidì assurda — di Lohse intorno a stadii successivi di improvvise e violentissime reazioni chimiche raggiunti dall'astro per successivo raffreddamento, a quella di Wilsing calcata sullo stampo stesso della ipotesi di Klinkerfues sulle variabili a quella di Vogel della collisione fra due interi sistemi planetari, ad un'altra che tenta di fondarsi sulla dispersione anomala della luce, a quella delle esplosioni di enormi masse gassose, o di colossali scariche elettriche, si approda in ultimo alla conclusione *che ogni « Nova » insieme ad un ricco ed interessantissimo bagaglio di osservazioni, ci ha portato un nuovo enigma.*

IPOTESI BALISTICA E TEORIA DELLE VARIABILI

13. — Questo imponente insieme di fatti, complessi e svariati, si lascia abbastanza bene coordinare e spiegare sul terreno della nostra ipotesi.

Cominciamo dal caso più semplice, cioè da quello delle variabili della III classe. Secondo quanto abbiamo visto, la nostra ipotesi spiega tutti i particolari osservati nello studio di queste stelle, nel modo più diretto, immediato ed evidente, e con un'indiscutibile superiorità sulla ipotesi dell'occultazione.

Volendo tener fermo lo schema essenziale di questa spiegazione, ammettendo cioè che queste variabili siano sistemi di due stelle, poco differenti fra loro, e girevoli attorno al comune centro di massa, la nostra ipotesi ci porta a con-

siderare due curve, del tipo studiato, aventi periodo uguale ma differenza di fase = $\frac{1}{2}$. ⁽¹⁾

Però essendo abbastanza ristretta la limitazione Kb vicino a 1, necessaria affinché il termine periodico possa acquistare notevole importanza, avverrà che se una delle due stelle componenti soddisfa abbastanza da vicino alla condizione $Kb = 1$, l'altra non può altrettanto bene soddisfarla.

Salvo il caso particolarissimo, assai poco probabile, in cui le masse delle due stelle componenti fossero eguali, le velocità di queste saranno, infatti, differenti e perciò differenti saranno i valori delle b .

Le due curve di luce avranno dunque in generale ampiezza d'oscillazione diversa e l'effetto complessivo essendo un effetto differenziale, non possiamo aspettarci cambiamenti molto grandi nella luminosità della doppia. Di più essendo piccolo il tempo totale di una rotazione, le concentrazioni di luce, anche quando si estendono a frazioni notevoli del periodo, avvengono in lassi di tempo ristretti e perciò sono sempre di entità moderata. Comprendiamo in tal modo come l'ampiezza della variazione possa rimanere inferiore ad un gradino della classe delle grandezze (rapporto delle luminosità 2,5: 1).

Queste le linee generali. Venendo ai particolari, ricordiamo come la discussione già fatta ci abbia condotti a prevedere la doppia periodicità *con due minimi di intensità alquanto diversi*, così come si osserva in queste variabili (richiamo il caso di β Lyrae, la cui curva di luminosità è perfettamente corrispondente al diagramma della fig. 4, disegnato in base alla curva $T = f(t)$ per $Kb = 0,5$).

Spingendo avanti l'esame ed introducendo anche nelle nostre considerazioni l'ipotesi, perfettamente naturale e già in uso nella teoria di queste variabili — che cioè le orbite siano ellissi notevolmente eccentriche, e che alcune siano anche lentamente perturbate (da altri corpi vicini, come nel caso dei pianeti) si giunge agevolmente a spiegare:

- a) la differenza fra le intensità dei due massimi (riscontrata per η Aquilae);
- b) la dissimetria degli intervalli fra i due massimi ed il minimo compreso;
- c) la degenerazione del minimo e del massimo successivo in un punto di inflessione;
- d) la lenta variabilità del periodo;

⁽¹⁾ L'ipotesi balistica ci porta ad ascrivere una costituzione più razionale a queste variabili; a pensarle cioè come formate da una componente girevole (che darebbe da sola righe sdoppiate) attorno a un astro centrale poco mobile, che darebbe righe in posizione normale. Si capirebbe così in modo semplice e naturale il fatto osservato spesso della decomposizione delle righe in tre componenti, di cui una sempre in posizione normale, e due poste per lo più da bande opposte, rispetto a questa, ma talvolta anche dalla stessa banda.

fatti tutti che abbiamo incontrati e che non sono spiegati dalla teoria dell'occultazione.

Le differenti velocità che può avere l'astro al momento delle due quadrature ⁽²⁾ dipendentemente dalla eccentricità e dalla posizione dell'orbita rispetto al raggio visuale, spiegano subito il primo fatto; la lunghezza diffe-

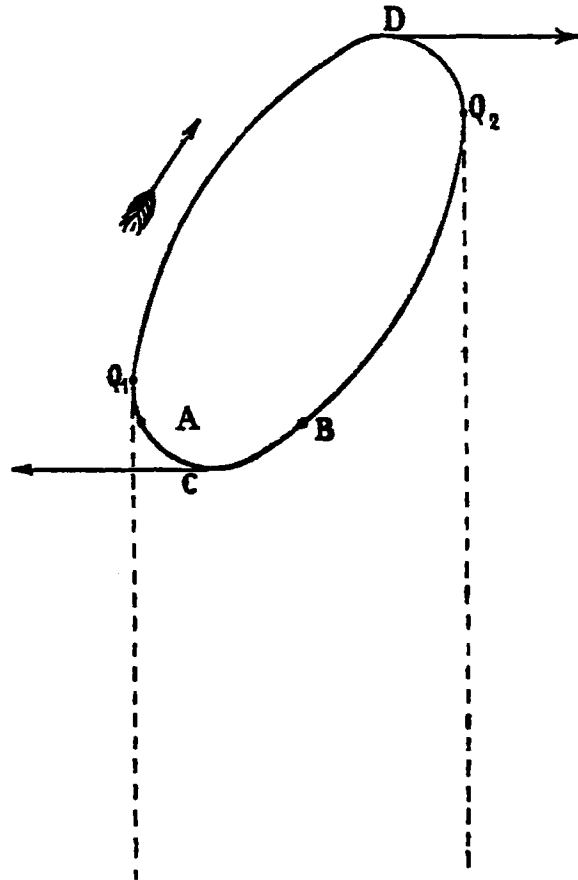


Fig. 10

rente degli archi da percorrere e i diversi valori delle velocità di percorso fra le quattro posizioni fondamentali spiegano bene il secondo; le stesse, col concorso di un valore conveniente del prodotto Kb , spiegano il terzo; mentre il lento cambiamento della orientazione dell'ellisse rispetto al raggio visuale spiega immediatamente il quarto.

⁽²⁾ Nella nostra ipotesi i quattro punti fondamentali non sono più i due punti di quadratura, quello di opposizione e quello di congiunzione; ma i punti in cui la componente della velocità secondo il raggio passa per i valori minimo, massimo e nulli. Le loro posizioni sull'orbita dipendono dall'eccentricità e dalla inclinazione di questa, rispetto al raggio visuale. Tenendo conto che in vicinanza del periastro la velocità tangenziale diventa massima, ci accorgiamo che i punti *A* e *B* — del minimo e del massimo della velocità di emissione della luce — possono risultare molto ravvicinati a *C*. Per conseguenza ci spieghiamo come l'intervallo di tempo fra i due passaggi per *C* e per *A* possa risultare brevissimo, e quindi come si possa avere la fusione del minimo col massimo nella curva di luce, così come si osserva per δ Cephei.

14. - La nostra ipotesi ci dà anche ragione di un altro fatto importante ed oscuro cioè *la percentuale assai scarsa delle variabili appartenenti a questa III classe.*

Una statistica di pochi anni sono, comprendente 310 variabili a periodo esattamente conosciuto, assegna 32 stelle alla IIIa classe e 13 stelle alla classe IIIb, cioè 45 in tutto per la III Classe; le rimanenti sono quasi per intero assegnate alla classe IIa.

Ricordando che base della classificazione è proprio la lunghezza del periodo, e che nella III classe sono state messe quelle di periodo breve, la nostra ipotesi ci porta proprio a prevedere che il numero delle stelle variabili in questa classe *deve essere piccolo* in paragone al numero di quelle della II.

Ammettendo — sia pure a titolo provvisorio — che tutte le variabili siano doppie (o più generalmente sistemi dotati di componenti girevoli) che ci appaiono tali quando sia pressochè soddisfatta la condizione $Kb=1$, vediamo subito che dovendo τ_0 essere piccolo, occorre che a non sia grande. Ossia *una doppia di piccolo periodo può apparirci come variabile se essa ci è relativamente vicina, e viceversa.* Ma siccome il numero totale di stelle che da noi hanno distanza minore di un certo limite, decresce rapidissimamente al decrescere della grandezza di questo limite, si comprende come *la probabilità di osservare variabili a piccolo periodo debba essere assai minore di quella delle variabili a grande periodo.*

Anzi, spingendo innanzi questo ragionamento, riusciamo a trovare la chiave di quella strana ed interessante interdipendenza, da noi già segnalata, per le variabili della II Classe, fra la lunghezza del periodo ed il numero di stelle conosciute.

A misura che il periodo cresce, deve crescere — secondo noi — la distanza occorrente perchè la condizione $Kb=1$ possa essere verificata. Ma al crescere di a cresce molto e molto rapidamente il numero delle stelle a noi note, quindi cresce sempre più rapidamente la probabilità che le doppie esistenti ci appaiano come variabili; questo però può dirsi fino ad un certo punto, perchè al di là di una certa distanza, cioè al disotto di una certa grandezza apparente, le condizioni necessarie all'osservazione dei cambiamenti di luce diventano sempre più sfavorevoli, ed a poco a poco non si renderanno apprezzabili che solo quelli assai cospicui.

La curva delle frequenze rispetto al periodo deve dunque presentarci un massimo. E possiamo anche prevedere che questa curva deve essere asimmetrica rispetto al massimo, poichè data la difficoltà delle misure fotometriche, in genere, e quella ancora più grave di accertare mutamenti a lungo periodo, si comprende come diventino sempre più difficili le osservazioni del genere a misura che cresce l'ordine della grandezza apparente. Nelle condizioni attuali della fotometria stellare è infatti da ritenere impossibile la scoperta di un mutamento, a lungo periodo, di ampiezza corrispondente al salto di una classe,

nella scala delle grandezze apparenti, se la stella appartiene alla 9^{gr}, o è più piccola.

Anche per questa via troviamo, dunque, un argomento valido in favore della nostra spiegazione.

Non vogliamo chiudere questa parte del nostro esame senza avere tentato qualche saggio di verifica quantitativa della nostra ipotesi; applicandola cioè, a qualche stella variabile di cui si conoscano la natura di doppia, gli elementi del moto, ed in via approssimativa anche la distanza.

Riferiamoci dunque ad alcuni esempi concreti e vediamo se sia lecito supporre verificata la nostra condizione.

Per β Persei abbiamo: $\tau_0 = 2,81$ giorni, $v = 42$ Km/sec. per una componente, 84 Km/sec. per l'altra (secondo risulta dalle misure spettrali). La a in base alla grandezza apparente della stella si può ritenere (grandezza media 2,8) in cifra tonda 25 anni-luce.

Per conseguenza avremmo $K = 3,1 \cdot 10^3$; mentre per b abbiamo i due valori (relativi alle due componenti) $1,4 \cdot 10^{-4}$; $2,8 \cdot 10^{-4}$ e quindi per Kb i due valori 0,43; 0,86; perfettamente convenienti ai fini della ristretta «variabilità».

Per β Lyrae abbiamo $\tau_0 = 12,9$ circa, $v = 180$ Km/sec.: a , trattandosi di stella della 4^a grandezza, si può supporre in cifra tonda 60 anni-luce.

Da questi dati si trae: $K = 1,7 \cdot 10^3$; $b = 0,6 \cdot 10^{-3}$; $Kb = 1,02$ (1).

Evidentemente l'incertezza nei valori di a non ci consente di insistere sulla bontà della verifica numerica; ma non è fuor di luogo osservare che allorchè la nostra ipotesi sarà controllata ed accertata, potrà darci un ottimo metodo per la misura della distanza effettiva delle stelle variabili fondato sulla esatta determinazione della curva di luminosità dell'astro e della velocità lungo il raggio visuale.

In conclusione *la semplice sovrapposizione della ipotesi circa la composizione della velocità della luce e quella della sorgente su ciò che si sa sulla costituzione delle doppie, ci permette di spiegare i fenomeni presentati dalle stelle variabili della III Classe, in modo completo ed in tutti i particolari.*

15. - Dopo così pieno successo in questa prima prova siamo condotti spontaneamente e naturalmente a tentare di estendere la medesima spiegazione ai fatti osservati sulle variabili della II e della I Classe.

Il comportamento delle stelle variabili della II classe si differenzia da quello esaminato per i particolari seguenti:

- a) periodo più lungo e spesso irregolare,
- b) aumento di luminosità molto rapido,

(1) Ricordi il lettore che in principio di questa Memoria abbiamo anche veduto alcuni esempi di doppie per le quali $Kb > 1/10$, le quali non ci si presentano come variabili.

- c) minimi di luminosità molto lunghi,
- d) ampiezza dell'oscillazione della luminosità, molto grande.

Ora non soltanto nessuno di questi particolari viene in contrasto con la nostra ipotesi; ma essi vi si adattano facilmente e vi trovano chiara spiegazione tanto che prendendo per base quanto abbiamo imparato a conoscere per il nostro sistema solare, riusciamo facilmente a costruire una immagine *unica*, armonica e fedele di questi grandiosi fenomeni di variabilità che ci presentano le stelle.

La grandezza del periodo è un fatto che nulla ha in sé di caratteristico e può andare bene di accordo con qualunque ipotesi. Ma vi è una circostanza che importa rilevare: la curiosa interdipendenza fra il valore del periodo ed il numero delle variabili che lo presentano; interdipendenza di cui sarebbe estremamente difficile dare una ragione all'infuori di quella che abbiamo avanti sviluppata in base alla nostra ipotesi.

Riservandoci, pertanto, di dire qualche cosa intorno alla irregolarità del periodo, occupiamoci degli altri due fatti:

Gli aumenti molto rapidi della luminosità e la presenza di minimi di lunga durata sono circostanze che unite insieme rientrano perfettamente nel quadro della nostra ipotesi (basta esaminare le curve per le quali Kb è vicino a $\frac{1}{2}\pi$). Ciò che si tratta, nel caso presente, di chiarire non è dunque la possibilità di realizzazione di tali circostanze, ma la frequenza grande con cui esse si presentano nelle variabili di lungo periodo (¹).

Ricordando che la nostra ipotesi ci porta ad ammettere che le doppie a periodo lungo possono apparirci come *variabili* solo se sono abbastanza lontane, ci persuadiamo subito che la variabilità ci si può rendere manifesta se l'ampiezza dei cambiamenti sia grande, cioè se avvengono nel posto di osservazione concentrazioni di luce assai cospicue. Perchè una così forte concentrazione di luce abbia luogo, occorre che in tempo breve (quello del massimo) arrivi luce emessa dall'astro in una frazione molto grande del periodo, occorre cioè che i massimi siano di breve durata rispetto ai minimi. Riusciamo così facilmente e naturalmente a comprendere la ragione per la quale le variabili osservate abbiano minimi di lunga durata e massimi brevi e di rapida comparsa.

È superfluo, poi, dire che la grandezza cospicua del periodo, la sua irregolarità e le altre circostanze osservate su queste stelle ci conducono a pensarle come sistemi diversamente formati dalle doppie esaminate precedentemente; ci conducono a pensare orbite molto grandi ed alquanto eccentriche; probabilmente descritte da una stella «satellite» attorno ad una cen-

(¹) La nostra discussione ci porta a credere che questi caratteri delle variabili a lungo periodo, non siano necessari; essa ci dice solo che sono i più favorevoli alle osservazioni; è perciò lecito pensare che potranno in avvenire scoprirsi variabili a lungo periodo in cui non siano realizzati.

trale molto più grande (*); condizioni che favoriscono molto il distacco fra i massimi e i minimi sia per rispetto alla loro intensità, sia per rispetto alle durate relative; poichè allora i forti concentramenti di luce avverrebbero in prossimità del periastro, dove avvengono i forti cambiamenti di velocità, e prenderebbero una frazione piccola del periodo.

Queste stesse considerazioni rispondono implicitamente alla quarta delle circostanze caratteristiche avanti elencate: la grande ampiezza dell'oscillazione luminosa.

Ci resta dunque da dire qualche parola soltanto intorno al fatto più importante che l'osservazione di queste stelle ha presentato: la irregolarità del periodo.

Questa consiste:

a) in una lenta variazione dell'intervallo di tempo che decorre fra il riprodursi di due identiche fasi (per es. il riprodursi di uno stesso minimo, o massimo) ossia un lento cambiamento del periodo;

b) nel cambiamento col tempo degli elementi stessi della curva della luminosità apparente, principalmente dell'intensità dei massimi e dei minimi.

Un esempio tipico di questo secondo caso (che fa comprendere meglio la cosa) è quello offerto da « Mira Ceti » la più antica variabile conosciuta e così chiamata appunto per il meraviglioso suo comportamento. Essa ha un periodo variabile che si lascia rappresentare grossolanamente con una formula di interpolazione piuttosto complicata; il cui valore medio è di 332 giorni e presenta dei massimi variabili fra le grandezze 1,7 e 5,0; e dei minimi pure variabili fra le grandezze 8 e 9,5.

Per spiegare il fatto a) basta ammettere uno spostamento del periastro; la qual cosa implica la supposizione dell'esistenza di un terzo astro perturbatore, cioè l'esistenza di sistemi di stelle più complicate delle « doppie ».

E mi piace qui porre in rilievo che così facendo non ci affidiamo al mare delle ipotesi di comodo, ma restiamo sul solido terreno dei fatti indiscutibilmente accertati.

Sull'esistenza di sistemi stellari complessi non può oramai cadere più alcun dubbio. Mi contento di citare, per restare nel campo delle stelle meglio visibili, la η Orionis che è una doppia ottica, di cui la componente più brillante è a sua volta una doppia spettroscopica; e l' α Geminorum che è riconosciuta da un pezzo come un sistema composto *almeno* di tre stelle, due delle quali girano secondo ellissi, le quali mutano lentamente di orientazione nello spazio.

(*) È superfluo avvertire che sistemi di questo genere ce ne possano essere — anzi ce ne sono — fra le stelle a noi vicine. Ma essendo τ_0 grande esse *non* possono apparirci come variabili; debbono invece apparirci come doppie ottiche, del tipo appunto α Centauri, Sirio, ecc.

Il lento cambiamento del periodo delle variabili nostre, non può dunque incontrare nessuna difficoltà di spiegazione sul terreno dell'ipotesi balistica. Ed il lettore si è già accorto come queste conoscenze intorno all'esistenza di « complessi » stellari bastino a darci ragione in modo immediato e naturale, anche dei fatti più complicati presentati da « Mira Ceti ».

L'esistenza di due satelliti che ruotino attorno all'astro centrale ci mette in presenza due mutamenti periodici nella luminosità, ossia nella grandezza apparente del sistema, con periodi differenti; mutamenti che si compongono in uno complessivo con periodicità doppia, o meglio periodicamente variabile, e con ampiezze pure periodicamente variabili (una sorta di curva di battimenti).

Riassumendo possiamo dire che l'*ipotesi balistica* innestata puramente e semplicemente sulle conoscenze già acquistate intorno alla costituzione delle stelle, ci *fornisce anche una completa e più che soddisfacente spiegazione dei fenomeni presentati dalle variabili della II Classe.*

16. — Infine non è compito difficile mostrare come anche i fenomeni presentati dalle « stelle nuove » rientrano senza sforzo nella sintesi fin qui tracciata.

Pochi ritocchi ancora, affatto spontanei, bastano a darci una spiegazione convincente di questi fenomeni così pieni di mistero.

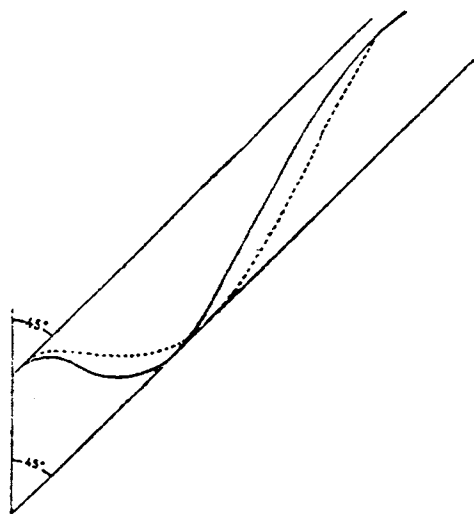


Fig. 11

Se immaginiamo complessi stellari assai lontani, di cui una componente si muova secondo un'orbita ellittica di grandissima dimensione e fortemente eccentrica, con periodo lunghissimo, oppure immaginiamo una stella vagante che possa descrivere un'orbita parabolica attorno a qualche altra sulla via incontrata, se pensiamo che qualcuna di tali orbite possa avere una conveniente orientazione rispetto al raggio visuale, e pensiamo agli enormi rapidi cambiamenti di velocità che avranno luogo in prossimità del periastro, riusciamo

a comprendere come possa avvenire l'improvviso arrivo in tempo breve di una grande quantità di luce, emessa dalla stella forse lungo anni e anni del suo viaggio, e perciò spiegarci l'improvviso accendersi di un nuovo e anche grande astro, il successivo e lento (rispetto alla fase di accensione) ritorno alle deboli condizioni di luminosità (spettanti a stelle così lontane) e persino l'inaspettata e piccola ripresa di splendore (fig. 11) che è stata qualche volta osservata, come sulla « Nova Aurigae ».

La fig. 11, la quale rappresenta approssimativamente le forme che in questo caso prende la curva $T = f(t)$, dà un'immagine molto chiara e adeguata di questi fatti.

E se ammettiamo che l'astro viaggiante trasporti con sé un piccolo satellite, il quale gli giri intorno con periodo breve, troviamo che lo splendore della stella benchè lentamente degradante, deve presentare delle oscillazioni a periodo regolare, come quelle che furono osservate (periodo di quattro giorni circa) sulla « Nova Persei », di cui la fig. 12 dà la curva di luminosità, quale fu osservata.

CONSEGUENZE DELLA NUOVA TEORIA DELLE VARIABILI.

Il quadro dei fenomeni delle variabili nelle sue linee essenziali è così chiaramente ed interamente ricostruito. La sola condizione che viene implicitamente ammessa — oltre la legge di composizione della velocità della luce

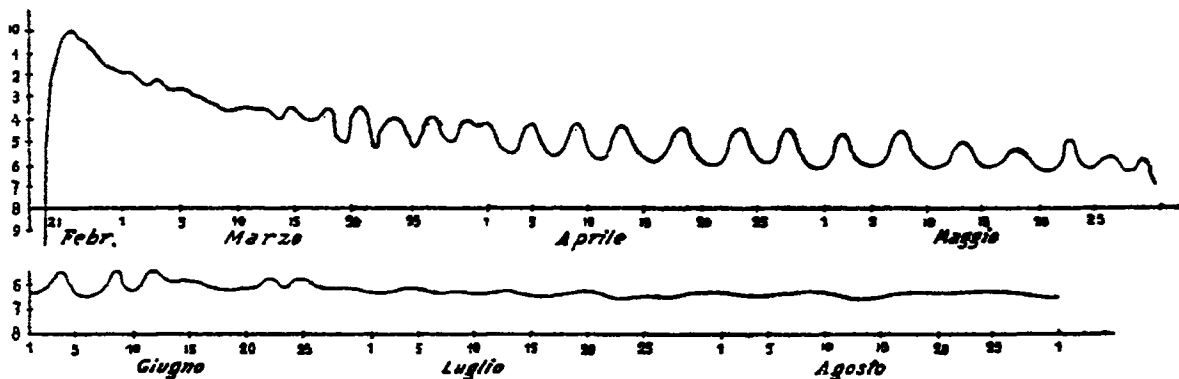


Fig. 12

con quella della sorgente — è l'esistenza di un grande numero di stelle doppie, o più complesse ancora; di sistemi come il nostro (planetario) però in uno stadio di evoluzione meno avanzato, in cui i corpi secondari, cioè i pianeti, siano ancora a temperatura molto alta, e perciò capaci di emettere luce per conto proprio.

Ora la supposizione dell'esistenza di un così gran numero di sistemi complessi viene chiaramente additata come estremamente probabile ogni giorno più dalle moderne ricerche astrofisiche.

Il numero delle stelle doppie telescopicamente risolubili, mercè le osservazioni fatte con i moderni potenti telescopi, si è già innalzato di tanto che il rapporto di esso al numero totale di stelle viene valutato come 1 : 12 circa. L'analisi spettrale ha fatto crescere notevolmente questo numero; riferiamo a titolo di esempio, che le ricerche fatte nell'Osservatorio di Lick, sopra una limitata plaga celeste, davano, parecchi anni sono, l'esistenza di una stella multipla per ogni sette stelle osservate.

Tenendo conto che i metodi spettrali non possono più rivelare la presenza di satelliti, allorchè la loro velocità si abbassi sotto i 6 Km/sec. tenendo conto che velocità di questo ordine debbono essere presentate da tutti i sistemi che hanno orbite poco inclinate rispetto al piano normale alla visuale, tenendo conto che mentre il numero totale di stelle è sufficientemente conosciuto, fino alla 15^a grandezza, quello delle multiple deve restare notevolmente al di sotto del vero, perchè gli studi spettrali, laboriosi, delicati ed ancora incerti, sono ben lontani dall'abbracciare tutte le stelle del cielo, non sembra esagerata la conclusione di Campbell e di altri, che *il caso della esistenza di stelle isolate dev'essere considerato come meno probabile di quello di stelle complesse* (2).

Di fronte a tanta copia di stelle complesse esistenti, appare in verità esiguo il numero delle variabili conosciute.

La ristrettezza dell'intervallo dentro cui deve cadere il prodotto Kb affinchè una stella complessa ci appaia come « variabile » ci rende conto abbastanza della piccolezza di questo numero.

Ma altre circostanze debbono secondo me intervenire nel determinare la tenuità del nostro rapporto e specialmente la difficoltà delle misure fotometriche, la poca attenzione finora posta in questo indirizzo di ricerca, i mezzi tuttavia imperfetti che vengono adoperati; pertanto non mi sembra imprudenza azzardare la previsione che studii più diligenti, preparati e diretti a questo fine, allargheranno e di molto il numero delle « variabili », arricchiranno e preciseranno le nostre conoscenze sui grandi fatti del cielo.

CONCLUSIONI.

La presente ricerca dimostra:

1° che è inesatto credere — con De Sitter — che le osservazioni sulle stelle doppie forniscano un qualsiasi elemento di prova in favore del postulato di Einstein sulla costanza della velocità della luce.

2° che tutti i fenomeni fin'oggi noti nel campo delle stelle « nuove » e « variabili » che non avevano ricevuto una spiegazione soddisfacente, trovano una chiara, semplice e naturale spiegazione generale nella ipotesi oppo-

(2) L'applicazione del metodo interferenziale di Michelson permetterà di estendere rapidamente queste conoscenze.

sta a questa di Einstein, cioè *nella ipotesi che la velocità della luce si componga con quella della sorgente.*

Devesi pertanto ritenere non solo come privo di base, ma come contrario ai fatti naturali, il 2° postulato di Einstein, e devesi perciò respingere in forza di questa testimonianza dei fatti — oltre che per le ragioni logiche che in altro lavoro ho segnalato ⁽²⁾ — la «teoria della relatività» perchè col secondo postulato cade il cardine di tutto l'edificio teorico.

È quasi superfluo avvertire che l'ipotesi da noi fatta — cioè l'ipotesi balistica — è pienamente conforme al principio di relatività propriamente detto; e che perciò il suffragio da noi trovato nei fatti astronomici, costituisce un nuovo appoggio in favore dell'estensione di questo principio, dal campo dei fatti strettamente meccanici, al campo di tutti i fatti fisici, cioè dei fatti naturali.

I fenomeni fisici fin oggi conosciuti trovano perciò tutti il loro posto nella nuova ipotesi, esperienza di Michelson e Morley e deflessione dei raggi comprese. L'Optica — intesa nel senso più generale — per mettersi d'accordo con questa ipotesi, non dovrà che ingegnarsi a trovare come bisogna concepire la luce, perchè essa possa riuscire dotata della proprietà interessante di propagarsi con una velocità che si compone con quella della sorgente. Un ritorno alle concezioni di Ritz, già per varie vie annunziato, appare promettente. Un'altra via da saggiare potrebbe essere quella indicata da J. J. Thomson: la luce, fatto di perturbazione del campo elettromagnetico, viaggerebbe con velocità costante lungo i tubi di induzione uscenti dal centro (elettroni) del campo; e però si propagherebbe con velocità uguale alla risultante di quella ora detta, e della velocità del centro nel caso in cui questo fosse in moto rispetto all'osservatore.

Su questo punto essenziale che forma attualmente oggetto del mio studio, spero di poter portare un utile contributo in un prossimo lavoro.

Dall'Istituto Fisico della R. Università di Palermo, maggio 1923.

⁽²⁾ *Scientia*, 1. c. ottobre 1923.