

PROVE ASTRONOMICHE CONTRARIE ALLA RELATIVITÀ

PARTE SECONDA:

Una nuova teoria delle « stelle variabili »,.

Prima che mi accinga al compito promesso, di schizzare una « soddisfacente teoria » delle « variabili » sulla base del solo postulato di Ritz, vorrei aggiungere ancora poche informazioni alle notizie che ho già date intorno a questo campo di fatti.

L'astronomia ha scoperto l'esistenza di molte « stelle complesse », cioè di aggruppamenti di stelle, costituiti in modo analogo al nostro sistema planetario: risultanti di un grande astro centrale, attorno a cui ruotano alcuni altri corpi minori, detti « compagni », tuttavia incandescenti. In particolare ha dimostrato che alcune *variabili* del tipo Algol possiedono un « compagno », sono cioè « stelle doppie » dando, così, un solido fondamento alla ipotesi « dell'eclissi ».

Studi recenti — di Campbell e di altri — ci portano a credere che il numero delle stelle complesse debba essere di gran lunga maggiore di quello delle « stelle isolate », tanto che quelle costituirebbero la norma, queste le eccezioni.

Il lettore forse saprà che proprio le « stelle doppie » hanno fornito a De Sitter materia di argomentazione contro il postulato di Ritz, e però avrà appreso con meraviglia che anch'io voglia servirmi proprio di esse col fine perfettamente contrario.

Ma se Egli avrà la bontà di scorrere attentamente queste pagine troverà la soluzione del curioso contrasto e si schiererà — ne sono certo — dalla mia parte.

*
* *

Ammetteremo, dunque, in tutto ciò che diremo, che *la velocità con cui si propaga la luce emessa da una sorgente in moto* (p. es. una stella) *è quella che si ottiene sommando alla velocità normale c di propagazione (della luce proveniente da una sorgente ferma) la velocità v con cui la sorgente stessa si muove lungo la linea di mira.*¹

Ciò posto immaginiamo di rivolgere lo sguardo verso una « doppia », costituita da un grosso astro centrale O , presso a poco immobile, e da un « compagno » S , che gli giri intorno, nel verso della freccia, lungo un'orbita circolare, posta in un piano che contiene la « visuale » MO (fig. 1).

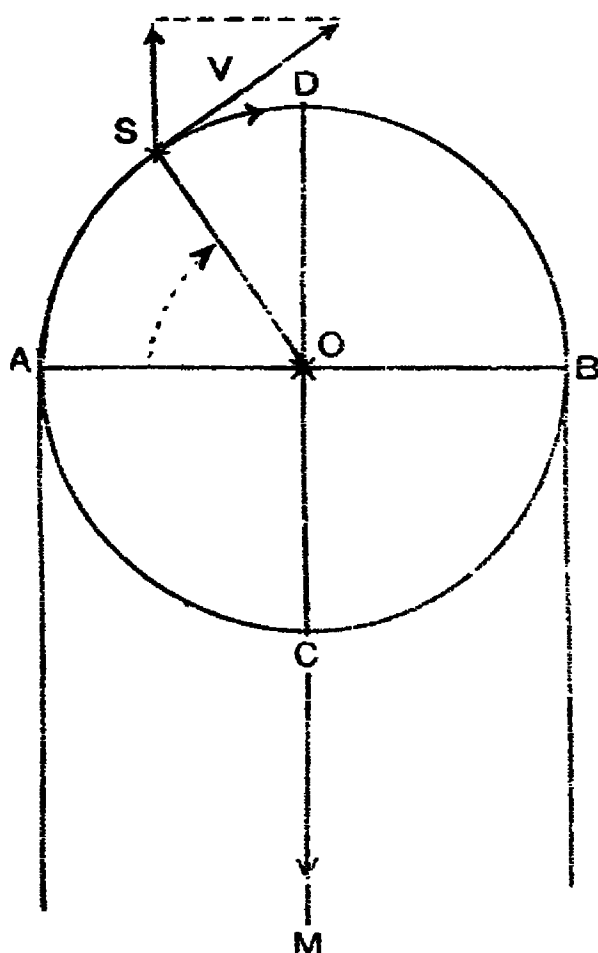


Fig. 1.

Segniamoci in figura i punti C, D, A, B , in cui la visuale stessa ed il diametro ad essa perpendicolare tagliano il cerchio, ossia le quattro posizioni fondamentali che gli astronomi chiamano *congiunzione* (C), *opposizione* (D), *quadrature* (A, B).

Quando la stella passa per A la sua velocità v è diretta lungo la visuale, ma in senso opposto rispetto ai raggi che partono in quel momento da S , i quali perciò viaggiano con la velocità $c - v$.

Quando la stella passa per D , la sua velocità v è diretta perpendicolarmente alla visuale, e non ha influenza sulla propagazione dei raggi che vanno verso

l'osservatore, i quali perciò viaggiano con la velocità normale c .

¹ Quando la sorgente si muove in direzione qualunque, la velocità che bisogna aggiungere alla c è solo la *componente* di v nella direzione della visuale.

Quando la stella passa per B , la v è diretta secondo la visuale e nel verso della propagazione, perciò i raggi viaggiano con la velocità $c + v$.

Analogamente: i raggi emessi nelle successive posizioni comprese fra B e A dovranno viaggiare con velocità *decrecenti* da $c + v$ a $c - v$.

Per chiarire bene i fenomeni che dobbiamo aspettarci per il fatto di questa propagazione di luce con « velocità variabile » ci avvarremo di un'analogia più concreta.

Lungo un fronte di battaglia, il comandante in capo — posto a notevole distanza — dirama ordini ed informazioni, per mezzo di corrieri, spediti ad intervalli costanti di tempo, p. es. ad ogni ora.

Se i corrieri viaggiassero tutti con la stessa « velocità », i reparti combattenti riceverebbero gli ordini, dopo tempi più o meno lunghi, a seconda della loro distanza dal Comando, ma ad intervalli costanti, di un'ora ciascuno. Se invece quelli corrono con velocità variabili, gli ordini giungeranno ai successivi reparti ad intervalli differenti.

Fermiamoci per un momento a considerare il viaggio di due corrieri consecutivi, supposto p. es. che il primo, spedito all'ora 0, viaggi con la velocità di 10 km. all'ora, il secondo, spedito all'ora 1, viaggi con la velocità di 11 km. all'ora.

È evidente, che il vantaggio di 10 km. che il primo possiede al momento di partenza del secondo, diventerà sempre più piccolo a misura che la lunghezza (o più esattamente la durata) del percorso va crescendo. Infatti alle ore 2, il primo corriere avrà percorso 20 km., mentre il secondo ne avrà percorso 11, sicchè la loro distanza sarà diventata di 9 km.; e così alle ore tre sarà diventata di 8, e così via. Alle ore 11 il secondo corriere, che avrà percorso 110 km., raggiungerà il primo, che ne avrà pure percorso 110, e da quel momento in poi il secondo precederà il primo di un tempo tanto più grande quanto maggiore sarà l'ulteriore distanza percorsa.

Pensando dunque a tutti i corrieri partiti p. es. in un'intera giornata (24 ore) e supponendo che le loro velocità siano tutte diverse, prima crescenti e poi decrecenti, riusciamo a intuire quale grosso groviglio di ordini e di idee *potrà* nascere sul nostro fronte di battaglia, supposto che i successivi bollettini non portino indicazione alcuna dell'ora di partenza, o qualsiasi altro elemento che valga ad illuminare coloro che li ricevono sul « vero » ordine della loro successione.

Appunto questi temibili *accavallamenti* fra raggi partiti dalla stella mobile, da posizioni ed in momenti diversi, sono stati l'arma con cui De Sitter combattè l'ipotesi di Ritz. Tali accavallamenti non potrebbero permetterci, osserva De Sitter, di seguire fedelmente il moto dell'astro girevole e di scoprirne le leggi, contrariamente a quanto risulta dalle osservazioni sulle « doppie », le quali ci hanno permesso di studiarne il moto, e di stabilirne le leggi: quelle stesse di Keplero, le quali regolano il moto dei pianeti.

Ora questa conclusione di De Sitter è troppo poco meditata ed è *generalmente inesatta*.

Prima di venire alla condanna dell'ipotesi di Ritz, bisognava cercare di dipanare il « groviglio », di stabilire i fattori da cui dipende, e persuadersi bene del giuoco che ciascuno di essi può avere in questo o in quest'altro caso.

S'intuisce, infatti, a priori, che se le differenze di velocità fra i successivi corrieri fossero solamente di qualche metro all'ora — sui 10 km./ora che ciascuno di essi in media percorre — nulla più avremmo da temere per parte delle piccole alterazioni degl'intervalli di arrivo. Esse sarebbero affatto incapaci di produrre spostamenti nella successione degli ordini del nostro Comando, quando — beninteso — i tempi totali di percorso non siano troppo grandi.

Or bene le differenze di velocità che possiamo aspettarci fra i raggi luminosi emessi da una stella mobile sono sempre frazioni assai piccole della velocità media di propagazione della luce. Stando a quanto si conosce intorno alla velocità dei corpi celesti, queste differenze risultano comprese fra qualche centomillesimo ed il mezzomillesimo della velocità della luce.

Nei casi in cui il tempo che impiegano i raggi per giungere dalla stella a noi non sia troppo grande, cioè per le « doppie » che non sono da noi molto distanti, nessuna perturbazione notevole potremo temere per l'accavallamento dei raggi. Le osservazioni del « compagno » fatte di tempo in tempo ci permettono di stabilire le posizioni successivamente occupate e possono senza inconvenienti e senza ostacoli farci conoscere la legge del moto orbitale.

E sta in fatto che le osservazioni astronomiche relative alla legge di movimento delle « doppie » riguardano proprio stelle, per le quali la condizione ora supposta è soddisfatta:

possiamo quindi concludere — contrariamente a De Sitter — che queste osservazioni nulla provano contro l'ipotesi di Ritz!

Le cose cambiano profondamente quando il tempo θ che i raggi impiegano per giungere dalla stella a noi diventa molto grande rispetto al tempo τ , impiegato dal compagno nel suo giro.

Convorrà anzi esaminare da vicino i casi in cui il rapporto τ/θ è presso a poco uguale al rapporto v/c . Il compagno mobile impieghi p. es. 100 giorni a compiere il suo giro attorno l'astro centrale, e la sua velocità v sia di 30 km. al secondo (quella con cui gira la Terra attorno al Sole), in modo che il rapporto v/c ($c = 300.000$ km./sec.) risulti uguale a $1/10.000$. La distanza di tale « doppia » dalla Terra sia 138 anni-luce, cioè 500.000 giorni, in modo che il rapporto tra il tempo di rotazione τ ed il tempo medio impiegato dalla luce nel viaggio sia $1/5000$, cioè doppio di v/c .

I raggi partiti dalla posizione A (fig. 1), al momento iniziale, viaggiano allora con la velocità $c - \frac{c}{10.000}$; quelli partiti

da B con la velocità $c + \frac{c}{10.000}$, la quale supera di $\frac{2c}{10.000}$ la velocità dei primi, cosicchè lungo un percorso qualunque i raggi partiti da B con 50 giorni di ritardo guadagnano $2/10.000$ del tempo impiegato, cioè 2 giorni su ogni 10.000 di percorso; e perciò 100 sul nostro percorso totale, che è di 50 volte 10.000 giorni.

In conseguenza, i raggi partiti da B giungeranno a noi ben 50 giorni prima dell'arrivo di quelli partiti da A ; ed è chiaro che giungeranno sovrapposti con altri raggi, partiti da certe posizioni intermedie, fra A e B , e perciò viaggianti con velocità intermedie.

Per acquistare un'idea ben chiara degli effetti di questi accavallamenti, è indispensabile stabilire, in modo preciso, la legge di corrispondenza fra i tempi di partenza dei raggi luminosi dalla stella, che indicheremo con t , e i tempi di arrivo al nostro occhio, che indicheremo con T .

Non essendo questa Rivista adatta ad una discussione di carattere matematico (per quanto semplice ed elementare), dobbiamo riferirci all'unito diagramma (fig. 2), che dà la rappresentazione grafica di tale legge in certi casi particolari notevoli.

Sulla retta OX sono rappresentati i tempi di partenza, in modo che al punto O corrisponda l'istante iniziale ($t=0$) in cui la stella ruotante S passa per la posizione A (fig. 1); al

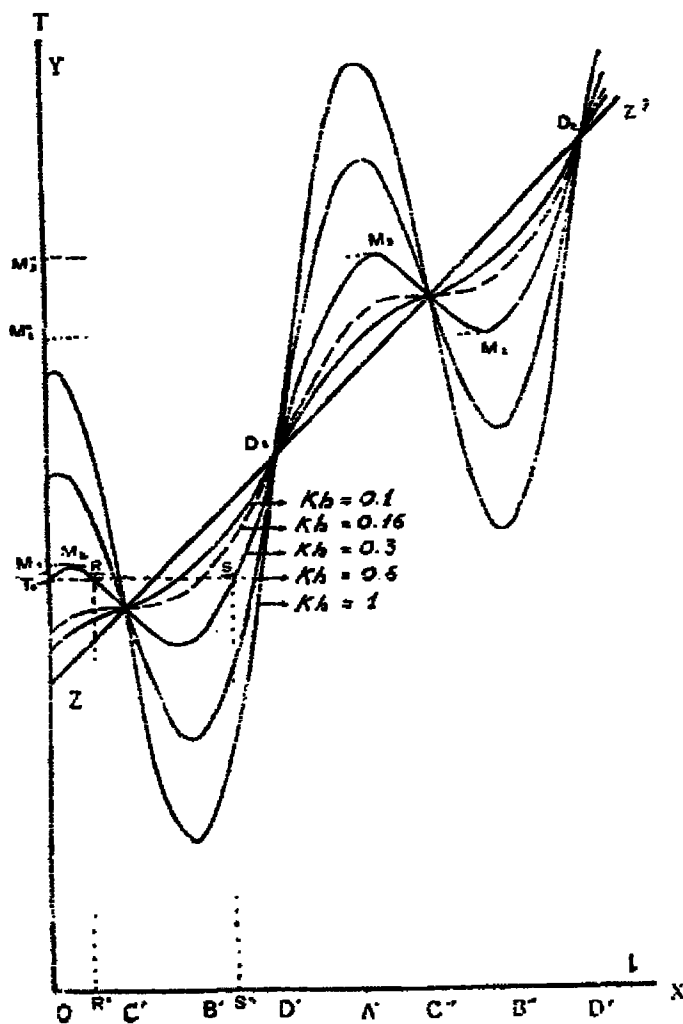


Fig. 2.

al punto A' corrisponda il tempo τ che la stella impiega a fare il giro completo; ai punti C', B', D' che dividono OA' in quattro parti uguali, corrispondono rispettivamente i momenti in cui la stella passa per le posizioni C (opposizione), B (2^a quadratura), D (congiunzione); ai punti A', C'', B'', D'' i momenti dei nuovi passaggi (2^o giro) per le stesse posizioni A, B, C, D ; e così di seguito. In modo affatto analogo i punti della retta OY rappresentano i tempi di arrivo T .¹

Nell'ipotesi (di Einstein) in cui i raggi partiti da una posizione qualunque viaggias-

sero sempre con la stessa velocità, i tempi di arrivo crescerebbero regolarmente, al crescere di quelli di partenza, e verrebbero nel nostro disegno rappresentati dai punti della retta ZZ' egualmente inclinata rispetto ad OX ed OY . Nell'ipotesi balistica, invece, a causa dei cambiamenti di velocità i tempi di arrivo subiscono delle vere fluttuazioni, ed al posto della retta ZZ' , avremo, nel disegno, una curva ondulata, che si scosta sempre più dalla retta stessa, a misura che il rapporto θ/τ si avvicina al rapporto c/v , o lo uguaglia, o lo supera.

Le curve disegnate fanno vedere ciò molto chiaramente:

¹ In realtà per le esigenze del disegno, i valori di T sono tutti diminuiti di un numero fisso; ciò che non altera per nulla la forma della curva disegnata: dalla quale soltanto dipendono le conseguenze che verranno esaminate.

esse corrispondono ordinatamente ai casi in cui il primo rapporto è 0,1 del secondo; ovvero 0,16; 0,3; 0,6; 1 (cioè uguale). Volendo studiare gli effetti dell'accavallamento conviene analizzare nei particolari una delle nostre curve; e sceglieremo quella per cui il rapporto θ/τ è uguale a 0,3 dell'altro.

Il fenomeno va considerato dal momento in cui arrivano a noi i raggi partiti dalla stella all'epoca del primo passaggio per A , ossia partiti al tempo $t=0$.

Questo momento ci è raffigurato dal punto T_0 della nostra figura. Conducendo da T_0 una retta parallela all'asse OX osserviamo che essa taglia ulteriormente la curva nei punti R ed S . Che cosa significa questo fatto? Significa che i raggi partiti dalla stella negli istanti $t_1 = OR'$; $t_2 = OS'$, arrivano a noi *pure al tempo* T_0 , cioè arrivano insieme con quelli partiti al tempo $t=0$. Giungono dunque « accavallati » i raggi emessi da tre posizioni diverse: dalla prima quadratura A , da una posizione appartenente al primo quarto di giro ($OR' = \frac{1}{6} OA$), e da una appartenente al terzo quarto.

Significa, ancora, che nel momento T_0 sono già arrivati i raggi partiti dalle posizioni che la stella ha preso in tutto l'intervallo che decorre dall'istante $t_1 = OR'$, all'istante $t_2 = OS'$; perchè, come la curva ci mostra, i tempi di arrivo T , per tutti i raggi partiti in detto intervallo sono tutti *più piccoli* di T_0 .

La luce emessa dalla stella in così gran parte del giro, ha dovuto perciò sovrapporsi alla luce emessa nel giro precedente.

Nei tempi che succedono a T_0 (cioè più grandi di T_0), e per un breve intervallo, raccoglieremo ancora luce proveniente da tre posizioni distinte — si consideri sempre la figura — di cui la 1^a e 2^a posizione si vanno avvicinando fino a confondersi in un sol punto in M_1 . Allorchè T cresce ulteriormente, la nostra retta parallela ad OX taglia *una sola volta la curva*, ossia l'accavallamento scompare. E scompare, finchè T non raggiunge il valore OM_2'' , poichè da quel momento in poi i raggi emessi nell'ultima parte del giro si sovrappongono a quelli emessi in più di metà del secondo (la parallela taglia nuovamente in tre punti la curva).

Ma oltre a questo fenomeno di accavallamento importa rilevare ancora il fatto importante che segue:

In vicinanza dei punti M_1 , M_2 , M_3 , ecc. l'osservatore deve ricevere una quantità di luce assai più grande di quella

che avrebbe raccolto se la velocità di propagazione della luce fosse restata costante (o l'astro fermo); mentre nelle vicinanze dei punti D_1 , D_2 , ecc. deve riceverne una quantità alquanto più piccola, per il gioco di un secondo fattore di fluttuazione dell'intensità luminosa, il quale è molto più importante dell'accavallamento già visto. Il diagramma ci servirà molto bene per chiarire la cosa.

In corrispondenza dei punti D_1 , D_2 la nostra curva, come ognuno vede, è molto erta rispetto all'asse OX ; mentre in corrispondenza dei punti M_1 , M_2 , ecc. è assai poco inclinata (anzi piccoli archi presi nelle immediate vicinanze di questi punti sono addirittura paralleli a OX). Ciò sta ad indicare che in corrispondenza dei primi la luce emessa dalla stella in un certo intervallo di tempo h giunge all'osservatore in un intervallo di tempo k alquanto maggiore; ossia, la luce emessa nel primo tempo arriva in una durata alquanto maggiore, cioè si diluisce, ci si permetta la parola, in un tempo alquanto più lungo, in modo che per ogni unità di tempo ce ne arriva una quantità molto minore della normale.

Negli altri momenti avviene l'opposto: la luce emessa in certo intervallo h_1 viene ricevuta in uno k_1 alquanto più piccolo di h_1 , sicchè avremo forti concentramenti di luce.

In totale, e per l'arrivo contemporaneo di raggi emessi da più posizioni, e *molto più per questi periodici addensamenti e diradamenti di luce*, dobbiamo aspettarci che la stella ci presenti cambiamenti periodici dell'intensità luminosa, cioè *cambiamenti periodici della grandezza apparente*.

Tutto ciò che abbiamo detto per il caso concreto esaminato regge ancora — con le opportune varianti — per gli altri casi in cui i due rapporti soliti siano poco diversi, sicchè siamo autorizzati a concludere che *tutte le stelle doppie* (o più complesse) *per le quali la distanza, la velocità ed il periodo siano tali da soddisfare la detta condizione, debbono apparirci come « stelle variabili »*.

Senza insistere su particolari dirò che questa nostra analisi ci conduce non solo a *prevedere* l'esistenza di « stelle variabili », ma a stabilire i caratteri che questa preveduta « variabilità » può in varie condizioni presentare, facendoci ritrovare in modo facile e completo i fatti presentati da *tutte le « variabili »* e perfino dalle « nuove ». In particolare:

1. Le *curve di luce* alle quali conducono immediata-

mente le considerazioni ora fatte sono *immagini perfette delle curve di luce tracciate in base alle osservazioni astronomiche*, sulle variabili del tipo « Algol » (classe III B di Scheiner). Così p. es. quella costruita per il caso sopra discusso coincide con la curva della fig. 1 del precedente articolo.

2. Ammettendo l'ipotesi, più che giustificata naturalissima, che l'orbita secondo cui gira il « compagno » sia ellittica, si prevedono curve di luce come quelle delle fig. 2 e 3 del precedente scritto, cioè riesce facile di dare una spiegazione completa dei fenomeni presentati dalle variabili del tipo η Aquilæ e δ Cephei (Classe III A) alle quali non può più adattarsi — come abbiamo detto — la « spiegazione dell'eclissi ».

3. Ammettendo che le variabili del tipo « Mira Ceti »¹ siano « stelle complesse », cioè dotate di *due o più compagni*, girevoli secondo ellissi, si prevedono curve di luce a periodo variabile, con massimi e minimi (di luce) pure variabili, cioè si spiegano i fenomeni complicati delle « variabili » delle Classi II B e II A di Scheiner.

4. Ammettendo infine che certe stelle, per effetto dell'attrazione di altre, riescano a muoversi rispetto a queste, così come le comete si muovono rispetto al Sole (cioè secondo orbite paraboliche, o secondo gigantesche ellissi enormemente schiacciate), si giunge ad una spiegazione molto semplice anche dei misteriosi fenomeni delle « nuove ».

Su questo punto, assai suggestivo, vale la pena di fermarsi un momento. L'unita figura 3 dà un'idea della legge di correlazione fra i tempi t di partenza dei raggi della stella con quelli di arrivo T , per due diversi casi del tipo ora detto.

Come si vede, il nostro diagramma è dapprima tangente alla retta ZZ_1 , comincia a staccarsene, presentando un'inclinazione via via più piccola rispetto all'asse OX , fino a divenirgli parallelo, si piega dopo lentamente in senso inverso per tornare in ultimo a confondersi di nuovo con la retta ZZ_1 .

La quantità di luce che ci giunge in un secondo deve perciò crescere dapprima lentamente, poi rapidamente, per assumere ben presto valori assai ed assai considerevoli (in corrispondenza del tratto BC della curva, che è quasi paral-

¹ Dopo che per la *prima volta* era stata da me formulata l'ipotesi della « natura complessa » delle variabili della 2^a classe, è stata fatta la scoperta di un « primo » « compagno » di Mira Ceti.

lelo all'asse OX).¹ Dal momento in cui la curva torna a prendere un'inclinazione crescente la luce torna lentamente a diminuire (passando per un minimo più basso del normale così come è stato osservato) e finisce per riprendere il suo valore

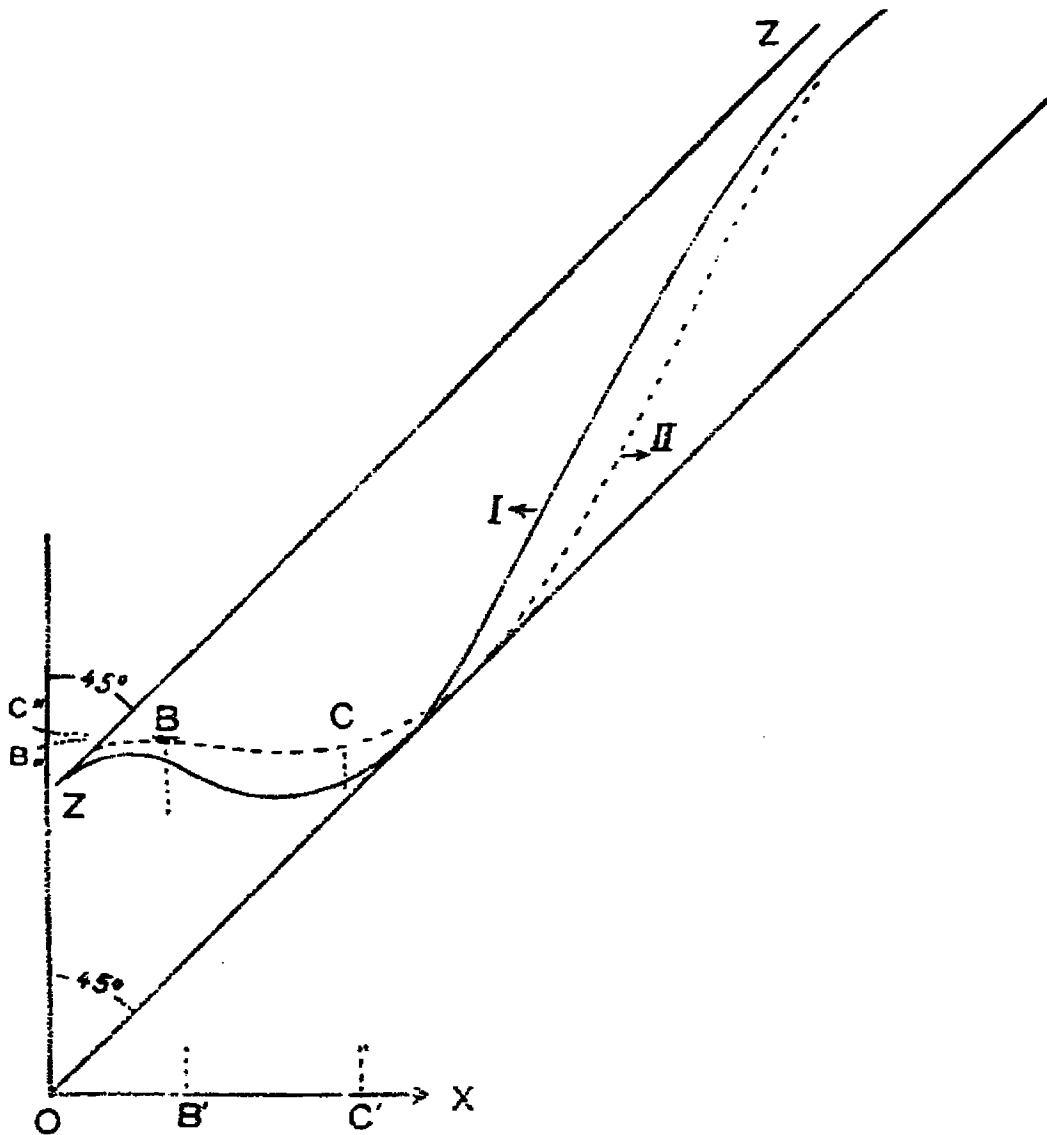


Fig. 3.

normale, che era o difficilmente apprezzabile, o inapprezzabile del tutto.

L'amore della brevità non mi fa rinunciare al desiderio di dire qualche parola intorno alla spiegazione di quell'altro fatto che finora è stato riguardato come un enigma impenetrabile.

¹ Esso sta infatti ad indicare che la luce emessa lungo un tempo uguale a $B'C'$, che potrebbe essere di molti mesi ed anche di anni, ci giunge in un ristrettissimo intervallo $B''O'$, p. es. di alcune settimane.

Ho riferito nel mio scritto precedente che le « variabili » a corto periodo, cioè quelle di cui l'intero cambiamento si compie in pochi giorni (Classe III^a e III^b), sono pochissime, in paragone delle rimanenti. Anzi, più generalmente, si è trovato che ordinando le variabili note in gruppi, col criterio del periodo crescente, il numero di stelle che risultano comprese in ciascun gruppo va crescendo rapidamente con la lunghezza del periodo, raggiunge un massimo per periodi vicini a 300 giorni e diminuisce subito, tanto che pochissime presentano periodi più grandi di 500 giorni.

Orbene, se si ripensa a quello che abbiamo precedentemente riferito, se si tiene presente che le fluttuazioni di luce riescono osservabili solo quando i soliti rapporti sono quasi uguali, ci persuadiamo facilmente che le « doppie » di piccolo periodo potranno apparirci come « variabili » solo quando siano molto vicine. Infatti, siccome il rapporto c/v si può ritenere in media dell'ordine 5000, quando il periodo τ è eguale a 1, 2, 3 giorni, il tempo θ deve essere dell'ordine 5000, 10.000, 15.000 giorni, ecc., cioè affinché una « doppia » col periodo di 1, 2, 3 giorni possa apparirci come « variabile » occorre che la sua distanza in anni-luce non superi 13,7; 27,4; 41,1, ecc.

Ora stelle che distino da noi meno di 13,7 anni-luce ve ne sono pochissime (solo quelle di 1^a grandezza, 20 in tutto), ed è quindi troppo naturale che piccolo debba essere il numero di « variabili » a piccolo periodo. A misura che θ cresce, cresce moltissimo il numero totale delle stelle accessibili all'osservazione, cresce dunque la probabilità di trovarne fra esse alcune che soddisfino la solita condizione e perciò deve crescere il numero delle « variabili » osservate. Questo ragionamento non può ripetersi all'infinito, perchè quando la distanza θ (in anni-luce) supera un certo limite, diventano molto e molto difficili le osservazioni in genere, e quelle sulla « variabilità » in specie. Tenendo conto di questo limite di osservabilità, riesce pertanto facile prevedere come al di là di una certa distanza, e quindi di un *certo periodo*, la variabilità non debba più osservarsi.

*
* *

Questi fatti sulle « variabili », complessi ed imponenti, benchè da tempo alla scienza acquisiti, mi erano completa-

mente ignoti quando presi in esame la « famosa prova » di De Sitter contro il postulato di Ritz, per analizzarne le conseguenze; e li ho scoperti per mio conto prima di averli ansiosamente cercati e raccolti su libri di Astronomia.

L'accordo, meraviglioso, fra previsioni nuove ed osservazioni vecchie, venuto in modo affatto spontaneo, e quindi al sicuro di ogni inquinamento di pericolose suggestioni, costituisce un validissimo argomento in favore del postulato di Ritz; dà, per me, la migliore prova della sua fecondità, cioè della sua « verità », nel senso in cui questa parola può essere usata nella scienza.

« Verità » che rifulge ancora più limpida e più bella quando si faccia un confronto fra la semplicità e la « docilità » con cui l'ipotesi balistica si adatta al patrimonio scientifico di ieri, e lo sconvolgimento che quella di Einstein vi semina: fra i frutti concreti, imponentissimi, che la prima di un sol colpo ci ha dati, e l'infecundità estrema dell'altra che *cerca ancora un punto d'appoggio nella conferma* delle sue modestissime previsioni.

Senza incertezze e senza timori, affido alla critica severa ed illuminata, ma *serena*, del mondo colto queste mie prove astronomiche e la nuova teoria delle « stelle variabili », che il postulato di Ritz mi ha *spontaneamente* suggerito.

Il giudizio, che presto o tardi verrà, riporterà luce e semplicità sull'orizzonte scientifico, additerà ancora — ne sono certo — la vecchia e gloriosa rotta al nostro pensiero; quella rotta che è stata tanto feconda e su cui farà ancora molto cammino, prima che nuovi e « *ben sicuri fatti* » potranno costringerci ad abbandonarla per sempre.

Palermo, Università, Istituto Fisico.

M. LA ROSA