

Astrofisica. — Velocità radiali e teoria balistica delle stelle variabili. Nota del Corrispondente M. LA ROSA (1).

1. Non posso lasciar passare sotto silenzio una nuova Nota del prof. De Sitter (2), la quale mira essa pure al fine: demolire dalle fondamenta le teorie balistiche in genere, e quella da me schizzata per i fenomeni delle « stelle variabili » in ispecie.

L'argomento principe, con cui egli crede di riuscire a provarne proprio l'assurdità, sta in questa conseguenza, che egli ne fa scaturire per mezzo di un breve e non chiaro calcoletto: « that the star would in a part of its orbit have three different velocities at the same time ».

Ora questo calcolo del prof. De Sitter è esatto *solo formalmente*, ma è erroneo sostanzialmente, poichè tale è tutto il ragionamento che serve di base e di guida al calcolo stesso.

La dimostrazione che egli dà si basa, infatti, su certe ipotesi, le quali sono *a priori* inconciliabili; sicchè la stranezza del risultato finale dimostra non l'assurdità della teoria balistica, ma soltanto l'impossibilità di mettere insieme le ipotesi stesse.

Cercherò pertanto di provare questo difetto del ragionamento oppostomi; e, di più, di mettere in luce e di *confortare con i fatti questa deduzione corretta* della mia teoria: *la possibilità di osservare, in uno stesso istante, più valori della velocità radiale* i quali, però, corrispondono a raggi che giungono contemporaneamente all'osservatore, ma *partiti dalla stella in momenti e da posizioni differenti*.

2. Le ipotesi su cui poggia il ragionamento del prof. De Sitter sono le seguenti:

1^a) che la luce obbedisca al principio balistico (cioè che la sua velocità si componga con quella della sorgente);

2^a) che le velocità radiali osservate nelle stelle variabili siano rappresentate dalla legge

$$(1) \quad V = V_0 + v \operatorname{sen} 2\pi \frac{t - t_0}{\tau};$$

3^a) che, nel caso particolare al quale egli applica l'ipotesi 2^a, si possa anche supporre che la costante α , da lui introdotta (la *kb* del mio lavoro), sia eguale a $\frac{1}{2}$.

(1) Presentata nella seduta del 2 novembre 1924.

(2) Bull. of the Astron. Institutes of the Netherlands, vol. II, n. 64, 3 ottobre 1924.

Infine è ancora implicita quest'ipotesi:

4^a) che tutte le variabili possiedano un compagno, il quale ruoti attorno all'astro centrale, secondo un'orbita giacente in un piano che passi per la visuale. Quest'ultima e la 1^a formano — non è superfluo di ricordarlo — la base essenziale della mia teoria.

Per procedere correttamente, il prof. De Sitter avrebbe dovuto partire da queste due ipotesi fondamentali, ed assicurarsi se la 2^a e la 3^a, prese tanto isolatamente quanto contemporaneamente, siano compatibili con quelle. È questo che farò subito io stesso.

Ammettiamo dunque (ipotesi 4^a) che la stella variabile abbia un compagno, il quale ruoti lungo un circolo e che perciò sia animato della velocità radiale *effettiva* (e non osservata) data dalla (1).

Ammettiamo ancora (ipotesi 1^a) che un raggio generico, partito dalla stella t , giunga nel posto di osservazione all'istante T , dato da

$$(2) \quad T = t + \frac{A}{c - V}.$$

In conseguenza di queste ipotesi, la legge con cui si succederanno le velocità radiali *all'arrivo*, cioè la legge delle *velocità osservate*, sarà

$$V = V_0 + v \operatorname{sen} \frac{2\pi}{\tau} \left[\left(T - \frac{A}{c - V} \right) - \left(T_0 - \frac{A}{c - V_0} \right) \right]$$

la quale, con la solita approssimazione del 1° ordine nel rapporto $\frac{V}{c}$, si può scrivere:

$$(3) \quad y = \operatorname{sen} 2\pi(x - \alpha y),$$

dove si è posto

$$\frac{V - V_0}{v} = y; \quad \frac{T - T_0}{\tau} = x; \quad \frac{vA}{\tau c^2} = \alpha.$$

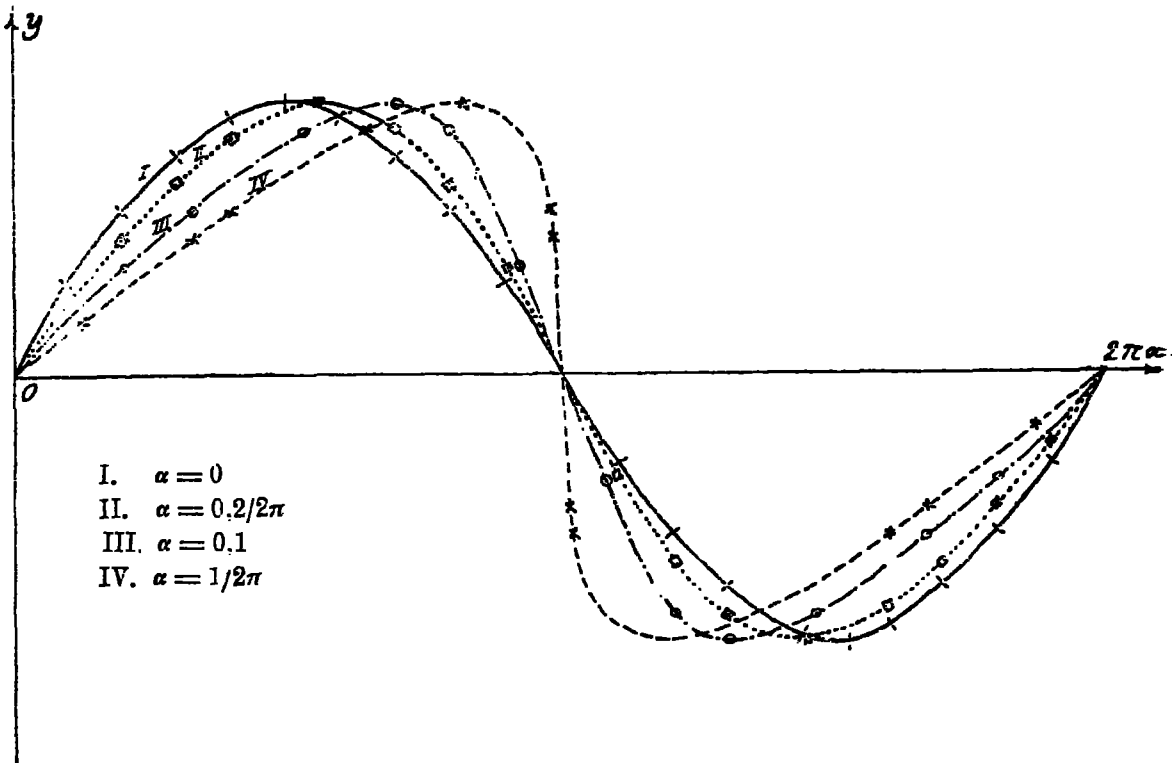
Si vede, così, che le ipotesi fondamentali della teoria balistica conducono ad assegnare alle velocità radiali osservate la *legge* (3), e non quella *sinuoidale semplice*. In conseguenza resta provato che l'ipotesi 2^a di De Sitter non è in generale compatibile con la 1^a e la 4^a. Vedremo più in là che essa diventa addirittura incompatibile quando si faccia $\alpha = 1/2$ (ipotesi 3^a). Il calcolo questo solo ci dà: una via per sottoporre a controllo la corrispondenza della teoria balistica con i fatti osservati, cioè *un mezzo di metterne a prova* non la « intrinseca coerenza » ma la « verità » nel senso fisico.

Se la legge (3) si dimostrasse incompatibile con le osservazioni, allora (e solamente allora), provato il disaccordo fra teoria e fatti, si renderebbe inevitabile il suo abbandono, anche se la sua costruzione fosse — com'è — logicamente inattaccabile.

3. Il compito da assolvere era ed è, dunque, questo : mettere a confronto la (3) con le osservazioni. Riprenderò pertanto l'esame di ciò che la mia teoria ci lascia aspettare nel campo delle velocità radiali osservate, per completare quanto si trova nella mia Memoria originale.

La varietà degli aspetti, che in concreto ci si possono presentare in queste osservazioni di « velocità radiali » deve dipendere dal valore del parametro α , il solo che sia contenuto nella (3).

È senz'altro evidente che, essendo $y < 1$, tutte le volte che α sia molto piccolo la (3) si confonde praticamente con la legge sinusoidale semplice. Per dare al lettore un'idea esatta sulla entità degli scarti che rispetto a questa la (3) può presentarci, credo utile di riprodurre i diagrammi I—II—III—IV a cui dà luogo la (3) per i valori $\alpha = 0$ (cioè la sinusoide pura), $\alpha = 0,032$, $\alpha = 0,1$, $\alpha = 0,16$ rispettivamente.



Si vede, dal disegno, che, finchè $\alpha < 0,03$, gli scarti della legge vera dalla sinusoide pura sono più piccoli degli errori di misura (tutt'altro che piccoli in questo genere di osservazioni); che gli scarti diventano sempre più apprezzabili quando α cresce da 0,03 a 0,16, ma che nondimeno le curve (del tipo III) conservano l'andamento generale di una sinusoide, con queste modificazioni: contrazione dell'intervallo di tempo che decorre fra i due valori estremi; minore ripidità del tratto ascendente, rispetto a quello discendente.

Ma quel che importa di dimostrare è che il carattere generale di queste curve, e più esattamente, la proprietà essenziale di essere funzione ad un solo

valore di T , si mantiene finchè $\alpha \leq 1/2\pi$. Raggiungeremo facilmente questo fine riferendoci, piuttosto che alla (3) stessa, alla relazione (2) che rilega la T alla t . Rifletteremo che, finchè ad ogni valore di T corrisponde un solo valore di t , vorrà dire che ad ogni istante l'osservatore vedrà arrivare un solo fascio di raggi dalla stella mobile, e perciò non potrà registrare se non una velocità soltanto.

Anzi, più generalmente, se cerchiamo il numero dei valori di t , che corrispondono ad uno stesso T , troveremo il numero dei fasci di raggi diversi che giungono accavallati all'istante T , e per conseguenza *il numero delle velocità radiali diverse che l'osservatore dovrà registrare in quell'istante*.

In altre parole, il nostro problema di determinare il numero delle *velocità radiali differenti osservate* in ogni istante, si riduce al problema degli *accavallamenti* che ho ampiamente discusso.

Allora la via più semplice da tenere è questa: cercare il numero dei punti in cui le curve $T = f(t)$, nel mio lavoro disegnate, sono tagliate da una retta generica $T = \text{cost.}$ Ora, affinché una tale retta possa tagliare le curve in *più punti*, occorre che queste presentino dei massimi o dei minimi, e perciò che sia soddisfatta la condizione

$$\frac{dT}{dt} = 1 + \frac{A}{c^2} V' = 1 + 2\pi\alpha \cos 2\pi \frac{t - t_0}{\tau} = 0$$

il che può avvenire solo quando sia

$$2\pi\alpha \geq 1, \quad \text{cioè} \quad \alpha \geq 1/2\pi.$$

Esaminando la derivata 2^a di T , si trova che per l'esistenza di più punti d'intersezione, occorre proprio che sia $\alpha > 1/2\pi$.

Finchè dunque abbiamo $\alpha \leq 1/2\pi$, la curva (3) delle velocità osservate è ad un solo valore: conserva ancora questo carattere fondamentale della legge sinusoidale (per $\alpha = 1/2\pi$ si ha la curva IV della figura).

Quando invece $\alpha > 1/2\pi$, si deduce dalla mia analisi che la retta $T = \text{cost.}$ deve incontrare la curva in un numero di punti che è compreso fra $2n - 1$ e $2n + 1$, allorchè il prodotto kb , cioè la α , soddisfi alla limitazione

$$2n - 1 < 4kb - 2t_m < 2n + 1$$

dove n può essere uguale a 1, 2, 3, ... e t_m è il tempo t che intercede fra i tempi t per i quali la velocità radiale e la T passano per i rispettivi valori estremi.

Risulta quindi da tutto ciò:

1°) che la legge di variazione delle velocità radiali *osservate* presenta forma sinusoidale finchè $\alpha < 0,03$;

2°) che questa forma si conserva fundamentalmente ma con scarti sempre più notevoli. finchè $\alpha \leq 1/2\pi$:

3°) che l'ipotesi della quasi-sinusoidalità delle velocità osservate diventa *incompatibile* con le premesse della teoria balistica quando si supponga $\alpha > 1/2\pi$;

4°) che in quest'ultimo caso il numero delle velocità radiali osservate simultaneamente deve essere compreso fra $2n - 1$ e $2n + 1$, quando la quantità $2(2\alpha - t_m)$ è compresa dentro i medesimi limiti.

Si vede che la conclusione 3^a mette in luce quest'altro difetto del ragionamento di De Sitter: quello di avere applicato alle velocità osservate la legge sinusoidale, in un caso concreto ($\alpha = 1/2$) in cui essa era *incompatibile* con le altre ipotesi della teoria.

4. Trovate così le previsioni a cui la teoria balistica ci porta, per ciò che concerne le velocità radiali osservate, cerchiamo di metterle brevemente a confronto con i risultati delle osservazioni.

Interessa a tal fine ricordare quest'altro risultato della mia ricerca: che il fenomeno di variabilità può risultare apprezzabile in modo evidente, quando la costante $kb = \alpha$ soddisfa alla relazione

$$1/50 < \alpha < 5$$

e, di più, che i cambiamenti di luce risultano tanto più ampi quanto più α si approssimi a $1/2\pi$, sia per valori crescenti, sia per valori decrescenti.

La teoria, dunque, ci permette di prevedere l'esistenza di « doppie » non variabili e di « variabili », per le quali le velocità radiali osservate seguano molto da vicino la legge sinusoidale. Cadono appunto in questo campo gli esempî concreti che il prof. De Sitter invoca.

Su questo punto nessun dissidio dunque fra teoria e fatti!!

Intorno a tali stelle la teoria questo solo ci costringe ad ammettere: che α sia minore di $1/2\pi$, e tanto più quanto più fedelmente è seguita la legge sinusoidale semplice.

Ma in verità, nella maggior parte dei casi, la curva delle velocità, rilevata in base alle osservazioni, non è una *sinusoide pura*.

Le curve di velocità fornite dall'osservazione sono, sempre, *sinusoidi deformate*, proprio del tipo delle curve III e IV della nostra figura ($0,03 < \alpha < 1/2\pi$). Ed è noto che queste deformazioni vengono imputate all'ellitticità dell'orbita, e che per mezzo di esse si può calcolare l'eccentricità.

Tutto quanto l'ipotesi balistica può allora portare di diverso nell'interpretazione di quelle curve è dunque questo: un cambiamento nei valori dell'eccentricità (1). E ciò, certo, non dà luogo a contrasto fra teoria e fatti, ma sibbene fornisce una nuova via per spingere più avanti l'indagine in questo campo poco esplorato.

(1) Questo punto sarà sviluppato in una prossima occasione.

La teoria, infine, ci permette ancora di prevedere l'esistenza di « variabili » le quali *presentino all'osservazione tre o più velocità differenti nello stesso momento*: cioè che *presentino spettri con righe multiple* (doppie, triple, etc.) o semplicemente *con righe espanse* se il numero delle componenti è piuttosto grande, e le loro distanze sono piccole (¹).

Ora righe spettrali *multiple* sono state osservate, in quasi tutte le « nuove » dopo che Vogel per la prima volta scoprì la presenza di righe doppie nello spettro di « Nova Aurigae » (1892), e righe multiple sono state pure osservate fra le variabili propriamente dette (basta citare Mira Ceti, la più tipica delle variabili a lungo periodo, per cui Campbell riuscì a scoprire e fotografare la presenza di *righe triple* in una parte del periodo; e la β Lyrae per cui Vogel constatò righe doppie e più complesse). Righe espanse vengono comunemente osservate negli spettri delle variabili, come sa bene chiunque abbia avuto per le mani qualche fotografia di questi spettri. Ed un più vasto accordo fra teoria e fatti si avrà — ne sono certo — quando sarà possibile di fare lo studio della struttura fine di queste righe!

Posso dunque dire che l'analisi precedente ci dà in mano la chiave di un fatto *osservato e non ancora spiegato*; cioè posso affermare che, lungi dal venire in contrasto con i fatti, *la mia teoria vanta anche in questo campo un autentico successo* (²)!

5. Per quanto riguarda l'altro grave addebito che il prof. De Sitter fa alla mia teoria (di essersi cioè messa in antitesi con la teoria generale della gravitazione), debbo sinceramente dichiarare che non so proprio comprendere come un tale equivoco possa essersi generato. Un'antitesi di tal genere non solo non esiste, ma non può esistere, perchè finalità esplicita e diretta del postulato balistico è questa: *conservare intatto tutto l'edificio della meccanica classica*, come quel ramo della nostra scienza che è più semplice e più progredito, e rinnovare le basi concettuali dell'ottica e dell'elettromagnetismo, che sono rami tanto più giovani, più complessi e oscuri (³).

(¹) Queste distanze dipendono e dalle differenze delle singole velocità, e dal potere separatore degli apparati spettrali; il quale ultimo finora non è stato grande abbastanza per potere servire a questo nuovo fine dell'analisi della struttura delle singole righe.

(²) Chi vuol darsi la pena di rileggere la mia Memoria troverà tutto ciò, e vedrà anche come essa mi abbia permesso di avvicinare questi altri due fatti: la non esistenza di « variabili » con periodi maggiori di 550–600 giorni, e la esistenza di molte stelle non variabili con spettri a righe assai espanse; e di darne una spiegazione comune, considerandoli come sistemi per i quali la quantità kb superi un certo limite (all'incirca uguale a 5),

(³) Colgo l'occasione per rettificare un'inesattezza in cui è caduto l'egregio compilatore della notizia che mi riguarda sul n. 2867, vol. 114 di *Nature* (nel tempo stesso in cui gli porgo i più vivi ringraziamenti per l'attenzione prestata al mio lavoro). Egli crede che l'interpretazione dell'esperienza di Michelson e Morley possa costituire un ostacolo per la teoria balistica. Questo non è, perchè l'ipotesi ammette appunto che, per l'osservatore trascinato dalla Terra insieme con la sorgente luminosa, la propagazione dei raggi deve avvenire con la stessa velocità in tutte le direzioni.

Ma volendo lasciare da parte queste considerazioni generali e quasi pregiudiziali, per restare sul modesto terreno del caso che mi riguarda, faccio osservare — come già più sopra ho detto — che la prima ipotesi essenziale della mia teoria è che le « variabili » siano formate di due o più astri i quali girano attorno al comune centro di massa, obbedendo alle leggi della meccanica, cioè alla legge di Newton.

6. Mi resterebbero infine da esaminare le affermazioni che il prof. De Sitter fa nella prima parte del suo scritto. Ma, pur facendo le mie più ampie riserve sull'accettabilità della legge di proporzionalità fra cambiamenti di frequenza e cambiamenti dell'intensità della luce (proporzionalità che, secondo me, non è sostenibile nemmeno sul terreno della teoria elastica ed elettromagnetica) mi basta di prendere atto della esplicita rinuncia che egli fa alla sua critica innanzi al problema fondamentale del rinnovamento delle nostre concezioni in questo campo.

Infine egli si è reso conto che i fatti nuovi che la fisica è venuta accumulando, hanno preparato una profonda trasformazione nelle concezioni nostre sulla essenza della luce; ha visto bene che l'ipotesi balistica, così fortemente sostenuta dai fatti astronomici da me esaminati, impone che si dia mano subito all'opera di rinnovamento, poichè essa è *inconciliabile* con la classica concezione di una perturbazione « sui generis » di un mezzo universale.

L'ipotesi balistica ci porta necessariamente lontani dalla concezione di questo mezzo continuo; essa ci spinge su quella via, così strana e pure così feconda e suggestiva, già dai fatti additata e da un ingegno potente intuita: quella di un meccanismo discontinuo dell'emissione, di una costituzione *quantistica* dell'energia raggiante *primordiale*.

Ma non è questa l'occasione per lasciarmi tirare su questo affascinante soggetto ⁽¹⁾. Spero di potermene occupare in un prossimo avvenire.

Geofisica. — *Determinazioni magnetiche nelle isole maggiori mediterranee.* Nota del Corrisp. LUIGI PALAZZO ⁽²⁾.

1. Dopo avere rilevato magneticamente, nel 1922, il versante medio tirrenico e le minori isole toscane e napoletane ⁽³⁾, avevamo messo in programma, per l'anno successivo, le misure da farsi nelle tre maggiori isole: Corsica, Sardegna e Sicilia.

Il nuovo giro di esplorazione magnetica, intrapreso — per ragioni da me indipendenti — alquanto tardivamente, nel settembre 1923, non poté

⁽¹⁾ Un breve cenno su queste idee è contenuto nel mio discorso alla Società per il progresso delle scienze (Napoli, 30 aprile 1924).

⁽²⁾ Presentata nella seduta del 2 novembre 1924.

⁽³⁾ Rend. Lincei, vol. XXXII, serie 5^a, 1^o sem., 1923, pp. 208-214.