

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCXV.

1918

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXVII.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL DOTT. PIO BEFANI

1918

polynomes en t ; $f(t)$ admettra donc, par application de la transformation (20) le développement uniformément convergent

$$(23) \quad f(t) = \sum_n (a_0^{(n)} \varphi_0(t) + a_1^{(n)} \varphi_1(t) + \dots + a_{p_n}^{(n)} \varphi_{p_n}(t)).$$

En résumé une fonction $f(t)$ est)

1° si elle est analytique pour $|t| < R$, développable en une série (22);

2° si elle est continue, développable en une série (23).

Le premier de ces résultats est classique. Nous l'avons démontré très simplement et complètement.

Fisica. — Dimostrazione sperimentale della costanza di velocità della luce emessa da una sorgente mobile. Nota di QUIRINO MAJORANA, presentata dal Socio C. SOMIGLIANA.

In due Note precedenti (¹), dopo aver premesso alcune considerazioni sul secondo postulato della teoria della relatività, descrissi una mia disposizione sperimentale, con cui potei dimostrare che la luce si propaga con velocità costante, indipendentemente dalle condizioni di moto o di quiete di uno specchio su cui essa si riflette.

In fine della seconda Nota, accennavo al mio proposito di studiare sperimentalmente la eventuale influenza del moto della sorgente sulla velocità di propagazione della luce; è ora oggetto di questa Nota, di riferire su tale ricerca.

Come è noto, le sole osservazioni fatte con sorgenti luminose mobili sono quelle astronomiche, e le altre con i raggi canali. In ispecie, dalle prime si è potuto dedurre la misura dell'effetto Doppler (e quindi il valore della velocità di spostamento) per le singole sorgenti, come le stelle fisse, i pianeti, od i bordi del sole. Non mi consta che sia stato prima d'ora mai tentato di dimostrare l'effetto Doppler con il movimento artificiale di una comune sorgente luminosa; la difficoltà di questa ricerca risiede principalmente nel dover dotare la sorgente di una notevole velocità di spostamento.

Ma supposto di poter realizzare una disposizione del genere, il suo interesse non riguarda tanto la verifica dell'effetto Doppler propriamente detto (cambiamento di frequenza), su cui nessun dubbio può ormai esistere; quanto il controllo del valore della velocità di propagazione della luce,

(¹) Vedi questi Rendiconti, XXVI, pp. 118 e 155, 1917. Sullo stesso argomento, vedi anche i lavori di Michelson, *Astrophysical Journal*, XXXVII, pag. 190, 1913, e di Fabry e Buisson, *C. R.*, 158, pag. 1498, 1914; questi lavori, di cui solo recentemente ho avuto conoscenza, conducono, con metodi diversi, a risultati concordanti con quello indicato da me nella seconda delle suddette Note.

anche nel caso della sorgente mobile. Per cui, l'esame di questa non va fatta con prismi, analogamente alla disposizione Belopolski, nè con reticoli, per le ragioni da me precedentemente esposte. Accingendomi dunque alla realizzazione di un apparecchio con sorgente luminosa mobile, decisi, sin dal principio, di esaminare questa con la disposizione interferenziale già da me descritta, e fondata sull'uso dell'interferometro di Michelson, con grande differenza di cammino.

Se si ammette il secondo postulato della teoria della relatività, o se, comunque, la velocità di propagazione della luce per sorgenti terrestri, ci appaia immutabile, e supposto realizzato un apparecchio del genere, si vedrebbero passare sul filo del reticolo, quando la sorgente passa dalla quiete alla velocità v (contata lungo il raggio di propagazione) un numero di frangie:

$$f = \frac{lv}{\lambda c};$$

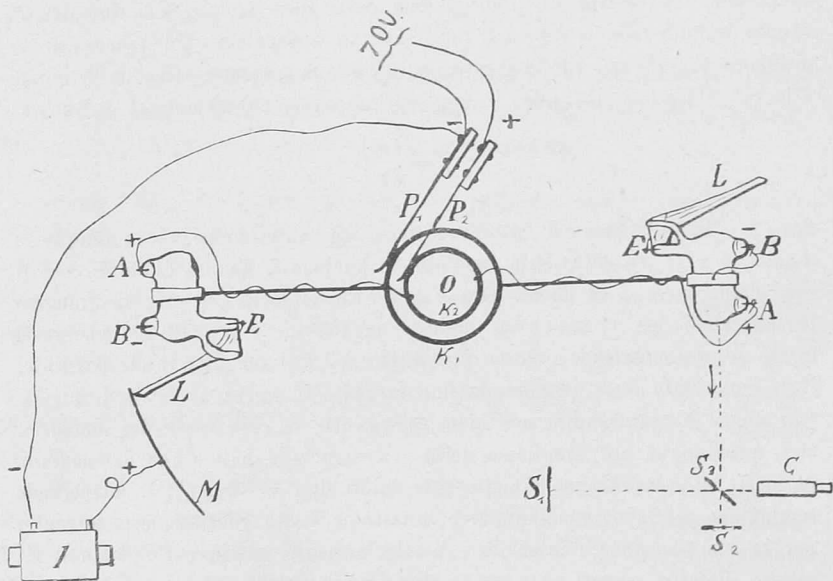
dove l è la differenza di cammino dei raggi interferenti, λ la lunghezza d'onda, e c la velocità della luce. Ciò è analogo a quanto già dissi per il caso degli specchi in moto. Ora i valori che è lecito sperare raggiungere in laboratorio per v ; sono assai modesti, anche rispetto a quelli delle sorgenti luminose astronomiche; occorre quindi dare ad l il maggior valore possibile, il che può solo farsi adoperando una sorgente luminosa a *curva di visibilità* molto lunga. Questa non può essere che la riga verde del mercurio, che, quantunque più complessa nella sua struttura delle righe del cadmio, permette di osservare le frangie sino a valori di $l = 32$ cm. ⁽¹⁾, adoperando eccitazione dei vapori mediante arco voltaico nel vuoto. Inoltre questa sorgente, per la sua eccezionale intensità è particolarmente adatta per le attuali ricerche. Ritengo quindi che queste difficilmente potrebbero ripetersi adoperando una sorgente diversa.

Stabili dunque il nuovo piano di esperienze, proponendomi di porre in rapida rotazione degli archi a mercurio contenuti in tubi di vetro vuoti di aria, e di esaminare la luce da essi emessa, tangenzialmente alla traiettoria, mediante l'interferometro di Michelson. Ora, volendo raggiungere una velocità periferica di circa 100 metri al secondo, come quella necessaria per un sicuro apprezzamento di uno spostamento nelle frangie, si incontrano, dal punto di vista meccanico, due difficoltà principali; la enorme forza centrifuga, e la grande resistenza dell'aria. Ad attenuare la prima vi ha convenienza di ingrandire, per quanto possibile, il diametro della traiettoria, e diminuire il numero dei giri a secondo. Si sa infatti che la forza centri-

⁽¹⁾ Va notato che Michelson osservava le frangie anche sino a $l = 40$ cm. Ma quel fisico adoperava tubi di Geissler a vapori di mercurio; sembra che la eccitazione con arco voltaico nel vuoto da me usata, cambi la curva di visibilità.

fuga cresce come il quadrato di quel numero. e la velocità di spostamento come la prima potenza.

Dopo vari tentativi fissai il detto diametro a 2 metri; poichè i piccoli tubi con mercurio da me costruiti, pesano ciascuno 35 grammi, la forza centrifuga che li cimenta ad una velocità di soli 14 giri a 1^s (corrispondente a circa 90 m. di velocità periferica) risulta di 30 Kg. Si è così al limite quasi del carico di sicurezza al quale il materiale vetro può essere sollecitato; nelle esperienze che ho eseguito i tubi si rompevano quindi ancora



frequentemente pur consentendo, in media, sufficienti intervalli di tempo per le osservazioni e le misure.

— Quanto alla resistenza dell'aria, questa venne ridotta al minimo, adoperando sottili fili di acciaio ad alta resistenza meccanica, come connessioni dei tubi con l'albero rotante. Ciò malgrado nelle condizioni di velocità citata, essendo l'apparecchio fornito di solo due tubi in posizione diametrale, occorre una potenza di circa 5 kw. Passo ora senz'altro ad una sommaria descrizione di esso. La figura ne indica schematicamente i particolari, rappresentandoli per chiarezza, con scala non uniforme. O è l'albero rotante connesso con puleggia e cinghia ad un motore di velocità e senso di rotazione regolabili e di potenza massima di 10 HP. Due tubi a vuoto di forma speciale (dimensione massima 4 cm.) portano ciascuno tre elettrodi A, B, E, e sono connessi, mediante robusti fili di acciaio, con l'albero O. Questo è circondato da due anelli collettori K₁, K₂ comunicanti con gli elettrodi

A e B. Due spazzole P_1, P_2 , adducono all'apparecchio corrente continua a 70 v. Una certa quantità di mercurio è contenuta in ciascun tubo (28 gr.), ed essa, quando l'apparecchio è in rotazione, viene a distribuirsi su A e B. Gli elettrodi E fanno capo a lamine leggere di alluminio L che, al girar dei tubi, passano in vicinanza di un arco metallico M, avente per centro O. Un rocchetto di induzione I, con i suoi reofori connessi come in figura, posto in azione per brevi istanti, dà scariche, che eccitano, al loro passaggio presso M, i tubi. La corrente in questi, è regolabile, con opportune resistenze, fra 2 e 3 ampere. Debbo per altro osservare che è spesso inutile, dopo aver avviata la rotazione, servirsi del rocchetto I. Benchè infatti la quantità di mercurio contenuta in ciascun tubo sia assolutamente insufficiente a stabilire connessione metallica continua fra A e B, l'adescamento avviene frequentemente spontaneo, in causa di ionizzazione del gas residuo, dovuta a scosse meccaniche della rotazione. Oltre che da K_1 e K_2 , l'albero O è circondato da una serie di blocchetti (non segnati in figura) su cui striscia una terza spazzola. Questo congegno, a mò di sirena elettrica, permette, mediante opportuna connessione con una pila e un telefono, di ascoltare un suono, dal quale si può dedurre il valore della velocità di rotazione.

La luce emessa dai tubi è massima, per ragioni costruttive, in direzione tangenziale al moto; l'interferometro di Michelson è disposto quindi come in figura, e su esso la luce arriva parallela, in virtù di lenti non segnate, sullo specchio S_2 . Col cannocchiale C si può raccogliere una sensazione luminosa, sufficientemente intensa, malgrado la sua discontinuità (20 o 30 sprazzi a 1'').

Grazie alla buona intensità di luce, posso, a differenza delle già descritte esperienze con gli specchi, adoprare un valore di $l = 232 \text{ m/m}$, per il quale ho osservato un massimo di visibilità delle frangie. In queste condizioni, e animando l'apparecchio di una velocità da 10 a 14 giri a 1^s, si scorge facilmente uno spostamento delle frangie, quando la velocità *passa da un verso all'opposto*. Questo spostamento, rilevato con un micrometro oculare, ha precisamente il senso voluto dal principio della costanza delle velocità di propagazione della luce. Prevediamone il valore in base a ciò. Per una serie numerosa di osservazioni, si ha come media: $v = 79,77 \text{ m/sec}$; $l = 232 \text{ m/m}$; $\lambda = 0,546 \mu$; per cui si prevede uno spostamento:

$$f = \frac{232 \cdot 79,77}{546 \cdot 3} 10^{-2} = 0,113, \quad \text{e} \quad 2f = 0,226.$$

Sperimentalmente, ho potuto, in queste ricerche, aumentare notevolmente la precisione nella osservazione delle frangie: ciò principalmente grazie alla maggiore luminosità del fenomeno. Le frangie circolari si succedono, come

è noto, con diametri crescenti secondo la legge:

$$n = \frac{l}{\lambda} \left(1 - \frac{\alpha^2}{2} \right),$$

in cui l e λ hanno il solito significato, n è il numero d'ordine crescente delle frangie a partire dal centro, ed α il loro raggio misurato in angolo visuale dall'occhio dell'osservatore. Per cui, quando si osserva uno spostamento di una frangia, per ottenere una maggior precisione, deve si tener conto di quella legge parabolica, nel riferirlo al valore della lunghezza d'onda. Questo è ciò che ho fatto, studiando preventivamente la distribuzione delle dette frangie, nel campo del cannocchiale. La brevità dello spazio non mi consente peraltro di spiegare più diffusamente ciò; dirò soltanto che, nel caso della serie di osservazioni citata, ottengo, come media, uno spostamento $2f = 0,238$.

Come si vede questo valore è alquanto superiore al previsto, di circa il 5%. Sinora, per quanto io abbia messo la massima cura nel rendermi conto della precisione delle diverse misure necessarie per arrivare a questo risultato, non so se qualche errore sistematico giustifichi questo scarto; sicuramente esso appare superiore all'errore probabile del risultato, ed è perciò che ne ho fatto parola. Ma trattandosi di misure assai delicate, mi riservo di controllare ancora il valore dello spostamento delle frangie prima di ammettere definitivamente la discordanza (per quanto lieve) suddetta. Per ora si può concludere che, nelle condizioni dell'esperimento, e dentro i limiti di precisione delle fatte osservazioni, *la velocità della luce non muta per il movimento della sorgente, lungo la direzione della propagazione.*

Dalle ricerche eseguite da Michelson, Fabry e Buisson, e da me, risulta dunque che la velocità della luce non è influenzata dalla riflessione su specchi o superficie riflettenti; da quelle ora da me descritte, risulta ancora che la detta velocità non muta per il movimento della sorgente. Questi fatti sono certamente d'accordo con la teoria della relatività; ma effettivamente, malgrado il loro evidente interesse, non possono, con pieno rigore logico, essere citati come sicura prova sperimentale di quella teoria. Non bisogna dimenticare infatti, fra le altre, due circostanze dell'esperimento: e cioè la presenza di materia ponderabile, che è traversata dai raggi interferenti (aria, vetro, metallo); e quella del campo gravitazionale della nostra terra. Mentre è possibile immaginare ancora esperienze che prescindano dalla prima, non è prevedibile se ulteriori risultati sperimentali, possano mettere in evidenza la eventuale influenza della seconda.