

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI
ANNO CCXCVII.
1900

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME IX.

2° SEMESTRE.



ROMA
TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1900

Fisica. — *Sul rapporto tra le intensità luminose del sole e del cielo.* Nota di QUIRINO MAJORANA, presentata dal Socio BLASERNA.

La ricerca delle cause e dell'intensità della luce proveniente dal cielo è stata oggetto di studio da parte di moltissimi autori. Già Newton fece vedere pel primo, che certi corpi possono, in determinate condizioni, apparire colorati, senza che posseggano una colorazione propriamente detta.

Nel caso dell'atmosfera terrestre, sembra che l'ipotesi più probabile da farsi sulla colorazione celeste, sia quella di ammettere una riflessione della luce solare, sulle singole particelle di essa. Un forte appoggio a questa teoria, è dato dal fatto che la luce celeste è polarizzata. Ciò non pertanto, questo argomento non è, secondo alcuni, sufficiente a dimostrare che la colorazione del cielo non sia una vera colorazione dell'atmosfera.

Qualunque sia la spiegazione da darsi, è pur sempre interessante conoscere qual sia il valore della intensità luminosa del cielo. Si potrebbe esprimere questo valore in unità fotometriche qualsiasi, ma più semplicemente si può riferirlo alla intensità luminosa del sole, nel momento in cui si fa la misura; giacchè, a seconda della stagione e dell'ora del giorno, la luminosità solare è variabile e dipende dall'assorbimento da parte dell'atmosfera. Si vede dunque che la variabilità della limpidezza atmosferica agisce due volte e nello stesso senso, nel far cambiare il rapporto tra le intensità luminose del cielo e del sole.

Osservando sperimentalmente i valori di questo rapporto, non sarà necessario disporre di alcuna sorgente luminosa artificiale, non solo, ma si avrà a propria disposizione un metodo di maggior sensibilità, nello studio delle variazioni della luminosità del cielo.

Quest'idea, di confrontare direttamente la luce celeste con la solare, ci fu suggerita da Lord Kelvin, quando, nell'aprile dell'anno 1899, si recò a Roma. Il metodo offre l'inconveniente che si presenta in quasi tutte le misure fotometriche, quello cioè di dover confrontare fra loro, sorgenti luminose di differente tinta. Questo fatto ha come conseguenza, il render le misure alquanto incerte, ma ciò non pertanto si possono, con tal metodo, studiare abbastanza comodamente le grosse variazioni della intensità luminosa del cielo.

Misure più precise di quelle di cui ora si dirà, sono già state fatte da altri, ma lo scopo di queste ricerche è di osservare qual sia l'influenza della maggiore o minore limpidezza del cielo, sull'intensità della luce da esso inviata. Ora per poter osservare un'atmosfera il più possibilmente priva di vapore acqueo, benchè meno densa, occorre recarsi su delle alte montagne,

e in tal caso, la semplicità dei mezzi di osservazione diventa di capitale importanza.

Lord Kelvin ci consigliò di costruire due tubi da rivolgersi contro il sole l'uno, e contro il cielo l'altro, aventi ciascuno su una base un foro e sull'altra un diaframma di carta. Regolando le dimensioni dei fori, e la lunghezza dei tubi, si può far sì che le intensità luminose dei due diaframmi, osservate dallo sperimentatore coprendosi la testa con un panno oscuro, sieno eguali; ciò prescindendo sempre dalle difficoltà di stima, delle luci di diversa tinta. La conoscenza delle lunghezze dei due tubi e dei diametri dei due fori basta per permettere di dedurre il rapporto delle due intensità. I due termini di questo rapporto r , sono la intensità luminosa solare, e quella di un' uguale superficie angolare del cielo.

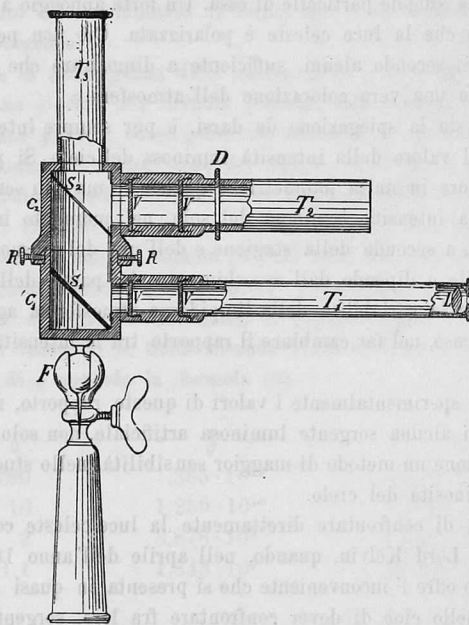


FIG. 1.

La disposizione consigliata da Lord Kelvin, benchè semplicissima, è di uso malagevole, quando si vogliono fare osservazioni in montagna. Suppongasì infatti che il tubo rivolto contro il cielo si faccia lungo circa 50 cm., e con un foro di circa 5 cm. di diametro. Per ottenere l'eguaglianza delle luminosità dei due diaframmi, occorre fare il tubo rivolto contro il sole, di m. 1,50 circa di lunghezza e con un foro di solo 1 o 2 decimi di milli-

metro. A parte quindi l'incomodo derivante dalla lunghezza del tubo solare, resta sempre l'incertezza della esatta determinazione del foro relativo.

Si è dunque preferito costruire un piccolo apparecchio o *fotometro celeste*, facilmente trasportabile, e che permette di osservare rapidamente. Esso è rappresentato nella fig. 1. Due tubi T_1 e T_2 sono destinati ad essere rivolti rispettivamente contro il sole e il cielo. Essi sono fissati rigidamente a due cilindri cavi C_1 e C_2 . Questi cilindri sono coassiali, e C_2 può girare rispetto a C_1 , ed essere fissato in qualunque posizione per mezzo delle viti R . Il cilindro C_2 porta un terzo tubo T_3 , che serve come tubo oculare. Il tubo T_1 è fornito, alla sua estremità, di una piccola lente L a corto fuoco davanti a cui si trova un diaframma con un foro di circa 1,5 mm. di diametro. La luce diffusa dalla lente L viene a cadere, successivamente indebolita, su due vetri smerigliati V . Con questo artificio, la illuminazione del secondo vetro smerigliato, che è quello che poi si osserva, è molto più uniforme. Uno specchio S_1 la rinvia nella direzione del tubo T_3 . Il tubo T_2 non porta lente, ma, costruito a libera apertura, ha un diaframma ad iride D , che serve a regolare l'intensità della luce cadente sui due vetri smerigliati che il tubo porta a simiglianza di T_1 . Un secondo specchio S_2 , provvisto di un foro centrale, rinvia in parte la luce proveniente da T_2 verso T_3 . Mediante una snodatura sferica E , si può inclinare comunque l'apparecchio. Questo strumento permette dunque di poter puntare col tubo T_1 il sole, e con T_2 qualsiasi altro punto del cielo. L'occhio, per mezzo del tubo oculare, vede allora una corona circolare azzurra illuminata dal cielo, e nel centro di essa una macchia ellittica rossastra o bianca, prodotta dal sole. Si regola l'apertura del diaframma D in guisa, che le intensità delle due luci siano sensibilmente eguali. Fotometri già conosciuti utilizzano il ripiego di adoperare specchi forati, pel passaggio di una delle luci da confrontare.

L'istrumento descritto deve essere graduato. Per ogni indicazione del diaframma a iride, occorre sapere qual sia il rapporto tra l'intensità luminosa del sole ed un'eguale superficie angolare di cielo (32' circa). Si potrebbe procedere alla graduazione del fotometro, confrontandolo con l'apparecchio a tubi suggerito dal Kelvin, e di cui si è detto in principio di questa Nota. Ma questa operazione sarebbe alquanto incerta, avendosi in entrambi gli apparecchi l'inconveniente di dover paragonare luci di diversa tinta. È invece più preciso procedere al campionamento, con un metodo più indiretto, servendosi di sorgenti luminose artificiali, di ben determinata intensità.

Queste sorgenti si possono scegliere in seguito alle seguenti considerazioni. La lente a corto fuoco del fotometro sia rappresentata da L (fig. 2). Il primo vetro smerigliato da S . Il diametro della lente e dello schermo S sono all'incirca eguali, e la distanza LS è uguale a parecchie volte la distanza focale di L . Una sorgente luminosa di una certa estensione, che rappresenta il sole, sia situata simmetricamente rispetto all'asse ottico del

sistema, e ad una distanza abbastanza grande da L . Se essa non è molto estesa, qualsiasi suo punto P situato anche eccentricamente, produrrà dopo la lente L , un cono luminoso $CC C$, di intensità sensibilmente uniforme, dentro cui è certamente compreso lo scranno S . Per cui qualsiasi punto della sorgente luminosa, purchè questa sia di illuminazione uniforme, porta un contributo costante alla illuminazione di S . Sicchè la quantità di luce che cade su S è sempre la stessa, tanto che la sorgente luminosa conservi la sua vera estensione, tanto che venga p. e. concentrata in un solo punto P .

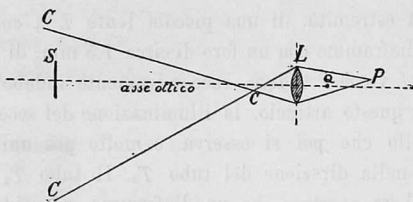


FIG. 2.

Evidentemente affinchè tutto ciò sia esatto debbono essere verificate alcune condizioni; occorre infatti che la lente L sia di corto fuoco rispetto alla lunghezza LS ; che la sorgente luminosa oltre a non essere molto estesa sia sufficientemente discosta dal fuoco esterno Q . Uno studio preventivo dell'apparecchio, permette in ogni modo di vedere se queste condizioni sono osservate. Ciò posto, si può sempre ritenere come arbitraria la estensione colla sorgente luminosa P , e supporre p. e. che essa sia sempre di $32'$ come quella del sole. Al cielo si sostituisce invece un diaframma circolare luminoso di intensità uniforme, complessivamente uguale a i . Esso è abbastanza grande perchè tutti i punti del primo vetro smerigliato non vedano, attraverso il diaframma ad iride e l'imboccatura del tubo T , che punti del diaframma stesso (v. fig. 3).

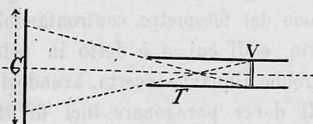


FIG. 3.

Ciò posto occorre rendere variabile le intensità luminose che queste due sorgenti, così fissate, inviano sull'istrumento da campionare. Ma poichè si tratta di stabilire dei rapporti, basta evidentemente far variare l'intensità di una sola. E propriamente basterà lasciare immutata la posizione dello scranno che rappresenta il cielo, ed allontanare più o meno la sorgente che rappresenta il sole.

Così facendo si può ritenere, come si è visto, che la sorgente sia sempre vista da L sotto un angolo di $32'$; cambia invece la sua intensità dipendentemente dalla sua reale distanza da L .

Allo scopo della graduazione del fotometro, si deve determinare il rapporto fra l'intensità delle due sorgenti luminose, e a ciò si procede servendosi di un fotometro comune. Se si chiama I l'intensità della sorgente che sostituisce il sole e i quella dello schermo che parzialmente sostituisce il cielo, con questo fotometro si trova il valore

$$K = \frac{I}{i}.$$

Pongasi ora il nostro fotometro celeste tra lo schermo C e la sorgente S (fig. 4). Mediante opportune protezioni si abbia cura che la luce di S non vada a battere su C . Si osservi altresì che C sia sufficientemente vicino al

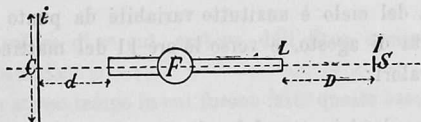


FIG. 4.

fotometro, per ragioni già viste. Guardando nel tubo oculare, si regoli il diaframma ad iride in guisa, da ottenere l'uguaglianza delle intensità luminose delle due immagini concentriche. Si noti allora la lettura n che si fa sulla montatura del diaframma ad iride. Si tratta di vedere a quale valore di r corrisponde la lettura n . Ora se si chiama α l'angolo visuale del sole, espresso in minuti primi, e d la distanza dello schermo C dal fotometro,

$$m = \left(\frac{21600C}{2\pi d\alpha} \right)^2$$

è il numero di volte, che l'estensione del diaframma C rappresenta una superficie circolare, il cui diametro sia visto sotto un angolo α .

Se poi D è la distanza della sorgente I dal fotometro, la quantità

$$K \frac{d^2}{D^2}$$

è m volte più grande del rapporto cercato; per cui alla graduazione n del diaframma corrisponde il valore

$$r = K \frac{d^2}{D^2} \left(\frac{21600C}{2\pi d\alpha} \right)^2 = K \left(\frac{21600C}{2\pi\alpha D} \right)^2.$$

Come si vede, questo valore è indipendente dalla distanza del diaframma C dal fotometro; ciò beninteso se è soddisfatta la condizione della figura 3.

Ad ogni valore di D corrisponde una coppia di valori di n e di r ; questi valori servono alla compilazione della tabella di campionamento del fotometro.

Le operazioni di campionamento, così condotte, riescono abbastanza facilmente, perchè le due sorgenti luminose C ed S possono scegliersi della stessa tinta. Ma la cosa è alquanto più incerta se si debbono fare i confronti tra cielo e sole; specie poi se la differenza di tinta è molto marcata, come sul cratere dell' Etna, a 3000 m. circa sul livello del mare. In tal caso occorre ripetere la misura molte volte, spostando il diaframma ogni volta.

Con questo apparecchio si sono fatte delle misure a Roma nella estate dell'anno scorso; ma con maggior frequenza e regolarità, queste misure furono ripetute a Catania nella stessa epoca. Ecco alcuni dei risultati ottenuti.

La luminosità del cielo è anzitutto variabile da punto a punto di esso. Così in una giornata di agosto, e verso le ore 11 del mattino, furono trovati per r i seguenti valori:

nell' immed. vicinanza del sole	$r = 357000$
a circa 90° dal sole e in qual. senso . . .	" 950000
quasi sull'orizzonte	" 98000
una nuvola bianca	" 18000

Questa variabilità è evidentemente dovuta, in massima parte, al vapore acqueo contenuto nell'atmosfera.

Ma la luminosità del cielo è anche variabile con l'ora del giorno. Al fine di constatare ciò, furono fatte osservazioni in un periodo di sei giorni intorno al 5 agosto 1899. Il fotometro celeste aveva i due tubi di osservazione del sole e del cielo posti a 90° circa, l'uno rispetto all'altro. Puntando il sole col primo tubo, con l'altro veniva osservata una regione del cielo che era probabilmente tra le meno luminose. Le seguenti cifre sono le medie delle osservazioni fatte nei sei giorni:

ore 6.	$r = 175000$	ore 12.	$r = 950000$
" 7.	" 250000	" 15.	" 870000
" 8.	" 489000	" 17.	" 563000
" 10.	" 935000	" 18.	" 225000

Questa tabella ci dice che la luminosità relativa del cielo è minima nelle ore più calde del giorno, ed è maggiore sul tramonto e sul levare del sole.

Ma le cifre riportate cambiano molto sensibilmente, con l'innalzarsi sul livello del mare. Per studiare ciò, furono fatte osservazioni sull'*Osservatorio*

Etno(¹) dall' 8 al 13 agosto 1899. Fu anzitutto assai facile constatare che, a meno della parte veramente prossima all'orizzonte, la luminosità del cielo ha una sensibile costanza tra le sue varie parti, se guardato dalla sommità dell' Etna.

Anche puntando col tubo esaminatore del cielo, un punto in vicinanza del sole, furono trovati valori di r uguali a quelli delle altre regioni (²).

Ed anche a questa altezza fu riconosciuto che i valori di r vanno crescendo dalla mattina verso il mezzogiorno. Così l'11 agosto 1899, che fu una mattinata interamente limpida, si ebbero le seguenti osservazioni:

ore	5.50	$r =$	2570 000
"	7	"	3125 000
"	8	"	3650 000
"	9	"	3930 000
"	11	"	3760 000

Sicchè il valore di r sul cratere dell' Etna è circa cinque volte più grande che a Catania.

Quasi nello stesso tempo in cui furono fatte queste osservazioni, il sig. Gaudentio Sella fece anche lui delle osservazioni sul Monte Rosa. Egli si servì anzichè del fotometro descritto, di semplici tubi di cartone, realizzando così l'apparecchio suggerito da Lord Kelvin. Ha trovato valori di r oscillanti intorno a 5000 000, vicini cioè a quelli indicati per l' Etna.

Considerata la probabile dipendenza tra la quantità di vapore acqueo, specie allo stato di leggiera nebbia, contenuta nel cielo, e la luminosità di questo, fu tentato di vedere se lo stato igrometrico del luogo di osservazione avesse influenza sulla limpidezza del cielo. A tal fine, quasi tutte le osservazioni fatte, furono accompagnate dalla determinazione della umidità assoluta e relativa, mediante un buon igrometro ad appannamento. Ma non fu trovata relazione alcuna, e ciò perchè, verisimilmente, lo stato igrometrico dei più bassi strati atmosferici, può essere affatto indipendente da quello dei più alti, che sono quelli a cui è dovuto il colore del cielo.

(¹) L'Osservatorio Etno è poco più basso del cratere. Esso si trova a 2942^m sul mare, alla latitudine di 37° 44' 17". Debbo alla cortesia del prof. A. Riccò, l'essere stato ospitato in tale Osservatorio, per poter compiere queste osservazioni.

(²) È però da avvertire che non si può spingere l'osservazione sino a punti addirittura prossimi al sole, giacchè in tal caso vi è il pericolo che la luce emessa da questo, penetri nel tubo di osservazione del cielo.