

**Publicazioni**  
**dell'Istituto Nazionale di Geofisica del Consiglio Nazionale delle Ricerche**  
diretto dal prof. Antonino Lo Surdo

---

**N. 20**

ENRICO MEDI

**Polarizzazione della luce diffusa**  
**radiazione dell'atmosfera e probabili indizi**  
**sulla tendenza dello stato del tempo**

ROMA  
ANNO MCMXXXIX - XVII

**Riassunto:** Nella ricerca, esposta nella presente nota, sono stati esaminati contemporaneamente l'andamento dello stato di polarizzazione della luce diffusa da una regione dell'atmosfera e quello dell'energia raggiata dalla regione medesima. Dai risultati ottenuti, si può dedurre come si presenti la possibilità di prevedere, mediante tale studio, la tendenza dello stato del tempo. Sono stati usati dispositivi sperimentali molto pronti e sensibili, e, per lo studio della polarizzazione, è stato ideato e applicato un nuovo metodo, particolarmente adatto a tale genere di ricerca.

In una precedente nota ho esposto i risultati ottenuti esaminando contemporaneamente l'andamento del campo elettrico e dell'intensità della radiazione terrestre; i fatti osservati mi hanno fatto pensare che potesse avere interesse unire all'esame di questi due fenomeni lo studio dello stato di polarizzazione della luce diffusa dal cielo.

A questo fine ho eseguito una lunga serie di misure confrontando l'intensità della radiazione emessa da una regione limitata dell'atmosfera e lo stato di polarizzazione della luce diffusa dalla medesima regione.

Per la ricerca è stato necessario servirsi di dispositivi sperimentali capaci di fornire i valori delle grandezze in esame con prontezza ed elevata sensibilità.

Per lo studio dello stato di polarizzazione ho costruito un apparecchio che permette di determinare il valore del rapporto fra l'intensità della luce polarizzata rettilineamente e l'intensità totale, con un metodo obiettivo.

L'apparecchio è costituito da un tubo metallico annerito all'interno, che porta alla base un analizzatore il cui piano di polarizzazione può assumere tre posizioni fisse: gli angoli diedri compresi fra queste tre posizioni sono di 45 gradi.

La luce in esame dopo aver attraversato l'analizzatore, incide sopra una cellula fotoelettrica al selenio, la corrente di questa va in un galvanometro a lettura diretta. Le deviazioni del galvanometro, date le condizioni nelle quali si opera, sono entro ampi limiti proporzionali all'intensità della luce incidente sulla cellula purchè ci si limiti a considerare quella porzione dello spettro per cui la cellula presenta la massima sensibilità <sup>(1)</sup>.

---

<sup>(1)</sup> Le misure qui riportate vanno riferite al mezzo sperimentale di analisi usato cioè alla cellula fotoelettrica: quindi le intensità di polarizzazione (come avviene anche per altri metodi) rappresentano una specie di media ponderale delle intensità di polarizzazione spettanti alle diverse lunghezze d'onda per le quali la cellula è sensibile.

Se la luce è parzialmente polarizzata in un piano le intensità del fascio che cade sopra la cellula hanno tre valori corrispondenti alle tre posizioni dell'analizzatore.

L'intensità di polarizzazione di essa è definita dall'espressione

$$\frac{P}{P + N}$$

dove  $P$  è l'intensità della luce polarizzata,  $N$  l'intensità della luce naturale.

Questo valore dell'intensità di polarizzazione può essere determinato mediante una formula che viene qui ricavata, in funzione di tre valori  $d_1$   $d_2$   $d_3$  proporzionali alle deviazioni del galvanometro rispettivamente per la prima posizione, per la seconda a novanta gradi da questa e per la terza a quarantacinque gradi fra queste due.

Sia  $\alpha$  l'angolo formato fra il piano di polarizzazione della luce e il piano di polarizzazione dell'analizzatore nella prima posizione; siano  $k$  e  $k'$  due coefficienti di proporzionalità costanti,  $I_1$   $I_2$   $I_3$  le intensità della luce effettivamente incidente sulla superficie fotosensibile.

Per le tre posizioni dell'analizzatore sopra definite possiamo scrivere le seguenti espressioni

$$[1] \quad \frac{N}{2} + P \cos^2 \alpha = k' I_1 = k d_1$$

$$[2] \quad \frac{N}{2} + P \sin^2 \alpha = k' I_2 = k d_2$$

$$[3] \quad \frac{N}{2} + P \cos^2 (45^\circ - \alpha) = k' I_3 = k d_3$$

Sommando la [1] con la [2] si ha

$$[4] \quad N + P = k (d_1 + d_2)$$

Sottraendo membro a membro dalla [1] la [2]

$$[5] \quad \frac{N}{2} + P \cos^2 \alpha - \frac{N}{2} - P \sin^2 \alpha = P \cos 2 \alpha = k (d_1 - d_2)$$

dalla [4] e [5] si ottiene

$$\frac{P}{P + N} = \frac{d_1 - d_2}{(d_1 + d_2) \cos 2 \alpha}$$

Sviluppando la [3]

$$[6] \quad \frac{N}{2} + \frac{P}{4} \left( \sqrt{2} \cos \alpha + \sqrt{2} \sin \alpha \right)^2 = \frac{N}{2} + \\ + \frac{P}{2} \left( 1 + \sin 2\alpha \right) = k d_3$$

quindi

$$[7] \quad \sin 2\alpha = \frac{2 k d_3 - (N + P)}{P} = \frac{2 k d_3 - k (d_1 + d_2)}{P}$$

dalla [5] si ottiene

$$[8] \quad \cos 2\alpha = \frac{k (d_1 - d_2)}{P}$$

e infine dalla [7] e [8] otteniamo

$$[9] \quad \operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2 d_3 - (d_1 + d_2)}{d_1 - d_2}$$

Questa espressione ci fornisce la posizione del piano di polarizzazione della luce rispetto ad un piano noto (quello cioè definito dalla prima posizione dell'analizzatore) fissato in modo arbitrario.

Nella [5] sostituiamo a  $\cos 2\alpha$  l'espressione

$$\frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 2\alpha}}$$

avremo con ciò

$$\frac{P}{P + N} = \frac{d_1 - d_2}{d_1 + d_2} \sqrt{1 + \left\{ \frac{2 d_3 - (d_1 + d_2)}{d_1 - d_2} \right\}^2}$$

Sviluppando entro radice e semplificando si ha l'espressione finale.

$$[10] \quad \frac{P}{P + N} = \frac{\sqrt{2} \sqrt{(d_3 - d_1)^2 + (d_3 - d_2)^2}}{d_1 + d_2}$$

In base alle considerazioni svolte si deduce come il valore fornito dalla formula [10] sia indipendente dalla posizione iniziale dell'analizzatore e quindi non sia necessario per eseguire la misura, conoscere in precedenza la posizione del piano di polarizzazione come avviene per altri metodi.

Le eventuali variazioni di sensibilità della cellula, purchè non si verifichino durante il brevissimo tempo in cui si compiono le tre letture, non in-

troducono errori di misura, perchè è eliminato ogni fattore di proporzionalità.

La misura si può eseguire con grandissima rapidità, il che rende il metodo particolarmente adatto al genere di ricerca di cui si tratta specialmente durante il tramonto e subito dopo di esso, poichè durante tale periodo le variazioni dell'intensità della luce sono molto rapide <sup>(2)</sup>.

Per lo studio della intensità della radiazione ho costruito un sistema a coppie termoelettriche opportunamente schermato, in modo che su di esso influisse solo la radiazione emessa dalla limitata regione soggetta all'indagine. Interessando nella ricerca solo le variazioni e non i valori assoluti di tale intensità, gli accorgimenti usati nella costruzione hanno avuto lo scopo principale di realizzare un apparecchio, che fornisse dati qualitativi e, solo con relativa approssimazione, quantitativi e soprattutto che fosse molto sensibile e pronto per seguire le variazioni anche rapide del fenomeno studiato. Ricordiamo che per aumento della intensità della radiazione terrestre si intende un aumento dell'energia raggiata dalle lamine nere, il che corrisponde ad una minore intensità di energia ricevuta da esse da parte della regione dell'atmosfera in esame.

Il complesso, elemento sensibile e tubo di protezione, è stato montato sopra un sostegno tale da permettere l'orientamento secondo la direzione voluta con la possibilità di leggere gli angoli in azimut e in altezza.

Per le ragioni ora dette, nella presente nota si riferiscono per la radiazione valori proporzionali alle deviazioni del galvanometro, che è collegato con le coppie termoelettriche dell'elemento sensibile. La temperatura dell'elemento raggianti era letta durante le misure in modo da poter constatare il verificarsi di variazioni di essa tali da poter alterare da sole l'intensità dell'energia raggiata dalle lamine. In queste condizioni quindi ad un aumento della corrente del galvanometro, corrisponde una diminuzione della radiazione dell'atmosfera.

Fra le numerose misure compiute mi limito per ora a riportare alcune di quelle che presentano caratteristiche particolarmente notevoli.

Ho cercato di mettere in relazione con i fenomeni di carattere meteorologico una serie di misure che danno il massimo di polarizzazione e di radiazione osservati in diversi giorni consecutivi.

In molti casi osservati, durante le giornate nelle quali si ottengono i massimi valori della polarizzazione, si trovano in corrispondenza i massimi

---

(2) In base a quanto è stato esposto pensiamo che sarebbe possibile registrare in modo continuo lo stato di polarizzazione della luce diffusa da una data regione del cielo disponendo parallelamente tre tubi eguali, ognuno munito del proprio analizzatore e della cellula, con i piani di polarizzazione nelle posizioni sopra definite. Si potrebbero registrare le tre correnti delle cellule ed eseguire i calcoli relativi secondo la formula [10] in base ai tre valori corrispondenti registrati istante per istante.

Se invece si desiderasse conoscere in un dato momento lo stato di polarizzazione per ogni punto di una regione molto estesa della volta celeste si potrebbero eseguire tre fotografie di questa regione ponendo avanti all'obbiettivo della macchina l'analizzatore nelle tre posizioni dovute.

Con lastre opportunamente scelte le tre immagini di una medesima regione hanno intensità proporzionali a quella della luce che ha attraversato l'analizzatore: è quindi possibile, mediante un sistema fotometrico, esaminando i fotogrammi punto per punto, dedurre i corrispondenti valori delle intensità di luce e quindi calcolare il rapporto

$$\frac{P}{P + N}$$



Lo stato del cielo era fortemente perturbato; dalle curve si osserva l'andamento nettamente parallelo delle due grandezze. I valori vanno rapidamente crescendo fino alle 16, poi diminuiscono per risalire dopo le 17 e 25 raggiungere il massimo alle 17 e 40 e diminuire di nuovo.

Non si può stabilire alcuna proporzionalità fra le intensità, possiamo asserire tuttavia che in circa l'ottanta per cento dei casi osservati si ha corrispondenza nel senso della variazione. E precisamente ad un aumento dell'intensità di polarizzazione corrisponde un aumento dell'intensità della radiazione, cioè le lamine nere raggianti perdono, nel complesso, una maggiore quantità di energia, essendo diminuita l'intensità dell'energia ricevuta da parte della regione dell'atmosfera in esame.

Nella figura n. 2, sono i grafici rappresentanti i valori determinati in una sera poco perturbata; da notare alle 17<sup>h</sup> che la polarizzazione presenta un massimo senza alcuna corrispondenza nella radiazione.

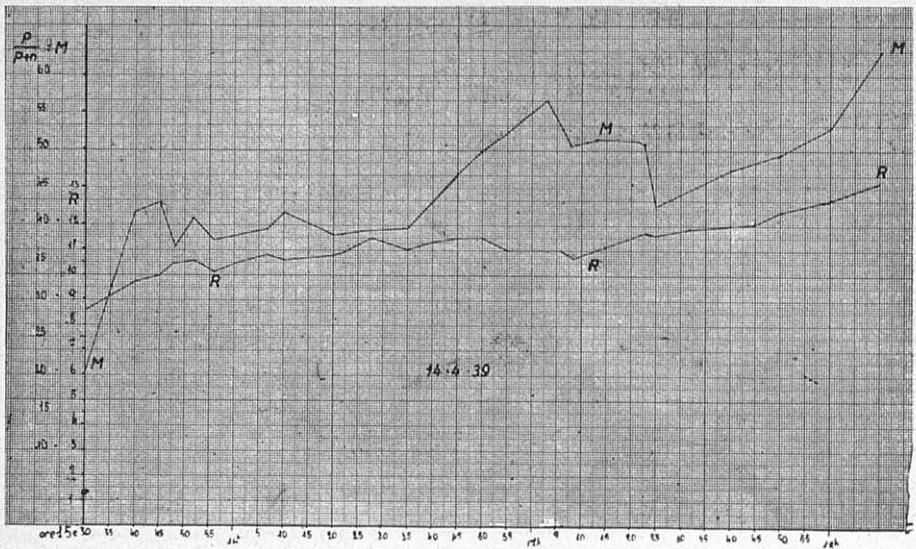


Fig. 2

Altre misure si riferiscono all'esame dello stato dell'atmosfera nelle diverse parti eseguite durante un tempo il più breve possibile. Tale esplorazione veniva compiuta o seguendo un cerchio passante per lo zenit, o, fissato un certo angolo zenitale, descrivendo un parallelo della volta celeste. La distribuzione dei valori della polarizzazione è, come è ben noto, molto diversa da quella dei valori della radiazione, essendo la prima, più della seconda, funzione della posizione del sole. Solo al tramonto e all'alba, in generale, i massimi valori della radiazione e della polarizzazione si hanno allo zenit.

Nella ricerca però non interessa stabilire un parallelo nelle distribuzioni delle intensità, ma mettere in rilievo se esistono in un dato momento regioni ristrette che presentino sia per la polarizzazione che per la radiazione anomalie particolari. La rivelazione della presenza di tali anomalie potrebbe essere utile per dedurre la presenza di fenomeni di formazione di nubi non

visibili e quindi il cambiamento dello stato dell'atmosfera in quella data regione di essa.

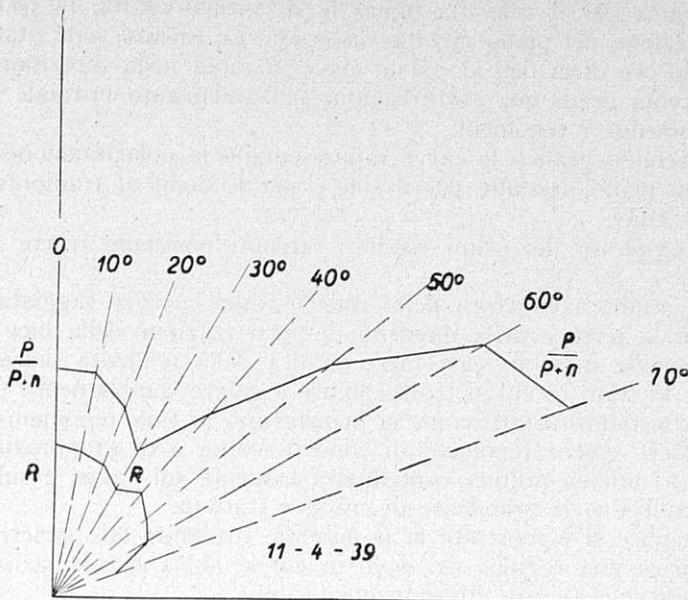


Fig. 3

A titolo di esempio riporto due grafici ottenuti dall'esame di alcune delle numerose misure compiute.

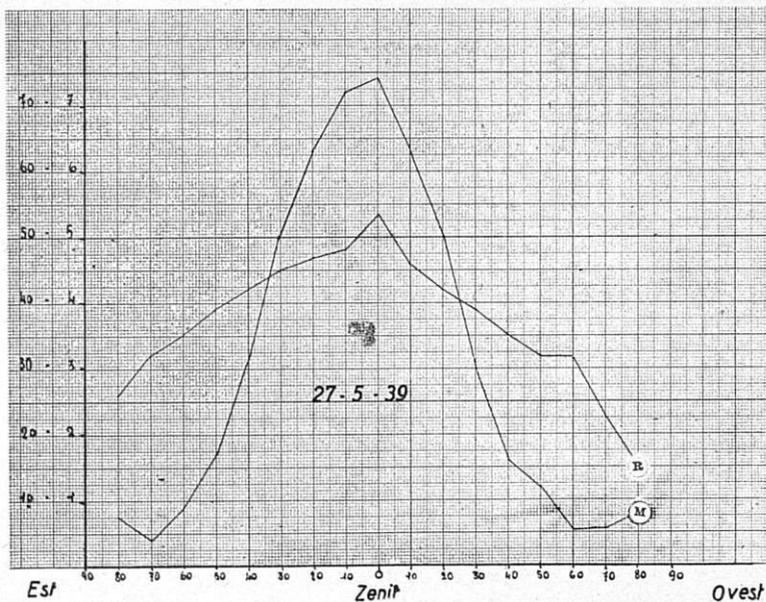


Fig. 4

Nel primo è rappresentata la distribuzione delle intensità dei due fenomeni in un piano meridiano formante novanta gradi con il piano meridiano passante per il sole. La figura n. 3 ci rappresenta, in coordinate polari, la porzione del piano rivolta verso est. Le misure sono state compiute intorno alle ore dieci dell'11 aprile 1939. Si nota nella direzione corrispondente ai trenta gradi una perturbazione nell'andamento normale delle intensità per ambedue i fenomeni.

Nel secondo grafico le curve rappresentano la polarizzazione e la radiazione in un piano passante per il sole e per lo zenit al tramonto, il giorno 27 maggio 1939.

Dal complesso dei primi risultati ottenuti possiamo trarre alcune conclusioni.

Dallo studio comparato della intensità dell'energia raggiata dall'atmosfera verso la terra e della intensità di polarizzazione della luce diffusa dal cielo è possibile in molti casi farsi un'idea della tendenza dell'atmosfera a conservare lo stato in cui si trova oppure a subire cambiamenti.

Si è constatato infatti come si manifestino in essa fenomeni (per esempio potrebbero essere fenomeni di condensazione o di evaporazione del vapore acqueo) tali da influire contemporaneamente sui valori e sul comportamento di ambedue le grandezze di cui si è trattato.

Come pure si è mostrata la possibilità, mediante tale genere di ricerca, di individuare una regione del cielo in cui si abbia la formazione di nubi, anche se non ancora non direttamente visibili.

Con i metodi esposti è possibile compiere una ricerca in modo continuo mediante registrazioni, e anche seguire con la rapidità necessaria misure in luoghi diversi oppure a diverse altezze.