

SULL'ORIGINE DEL CAMPO MAGNETICO TERRESTRE

ENRICO MEDI

Lo scopo della presente nota è di esporre nelle linee generali, un'ipotesi che potrebbe fornire la spiegazione della esistenza del campo magnetico della terra. Questa prima esposizione si limita esclusivamente ai punti fondamentali, senza entrare nella parte critica e negli aspetti particolari della teoria, che saranno dettagliatamente esposti in ulteriori note.

L'ipotesi è la seguente:
una corona di elettroni negativi, avente giacitura prossima a quella dell'equatore, circonda la terra; il suo raggio medio sia R . Gli elettroni si muovono lungo la circonferenza di raggio R , con velocità v

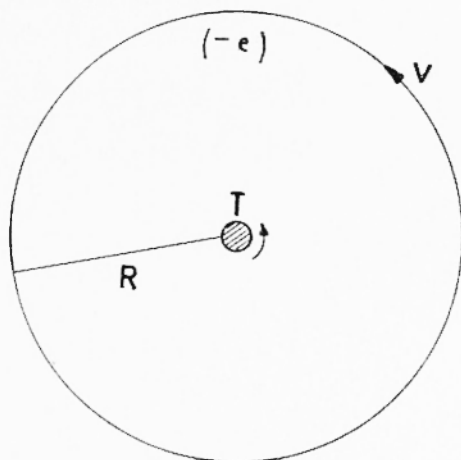


Fig. 1

nel senso stesso di rotazione della terra. Essi costituiscono una corrente elettrica, che produce un campo magnetico \vec{H} diretto, nell'interno della corona, nel senso che va dal polo nord geografico al polo sud.

Attribuendo al pianeta una suscettività magnetica media χ , l'azione di questo campo primario \vec{H} dà luogo ad una intensità di magnetizzazione media I : ne risulta un momento magnetico complessivo

M. Il campo da noi osservato sulla superficie della terra sarebbe dovuto, appunto, alla presenza di questo momento magnetico totale.

Le particelle elettriche si mantengono in equilibrio lungo l'orbita della corona, per l'azione di tre forze:

1) la forza di Lorentz F_L , che tende a piegare la traiettoria degli elettroni verso la terra. Essa è prodotta dal vettore induzione magnetica \vec{B} , (dovuto al momento magn. terrestre M) che agisce sugli elettroni in moto. Il vettore \vec{B} è ortogonale al vettore velocità v .

2) Una forza elettrostatica F_e , derivante dal fatto che la terra ha sulla sua superficie una carica negativa. Questa forza F_e , tende ad allontanare gli elettroni dalla terra.

3) Una forza centrifuga F_c . Quest'ultima, dato il suo valore molto piccolo, in rapporto a quello delle due forze precedenti, è trascurata nei calcoli di prima approssimazione, che seguono.

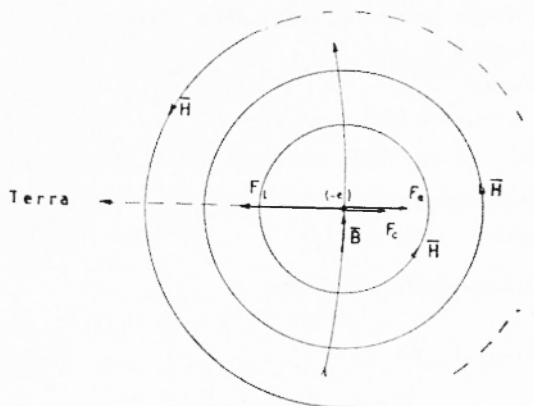


Fig. 2

Dalla impostazione delle ipotesi risulta come la corona elettronica sia causa della esistenza del campo magnetico della terra e questo, a sua volta, contribuisca alla stabilità della corona stessa.

La saturazione magnetica dei materiali, che costituiscono il pianeta, potrebbe essere la causa limitante il valore delle grandezze in gioco, dando ad esse delle condizioni stazionarie.

E' possibile che altri pianeti abbiano pure un campo elettrico e un momento magnetico di analoga origine. Così per il sole si potrebbe formulare una simile ipotesi, ammettendo però dei processi partico-

lari di induzione elettromagnetica, che, nell'attuale esposizione, non è il caso di svolgere.

Prima di esporre la parte analitica della trattazione, è opportuno per ragione di comodità, dare una tabella contenente il significato dei simboli usati e i valori delle grandezze fisiche, forniti dalla esperienza. (Il sistema usato è il sistema assoluto c.g.s.).

ρ	raggio della terra = $6,37 \cdot 10^8$
E	valore medio del campo elettrico terrestre = $3,33 \cdot 10^{-2}$
Q	carica totale della terra = $1,5 \cdot 10^{15}$
B	valore del c.m.t. all'equatore = $3 \cdot 10^{-1}$
χ	suscettività magnetica media = 10
I	intensità media di magnetizzazione = $8 \cdot 10^{-2}$
M	momento magnetico della terra = $8,1 \cdot 10^{25}$
v	velocità delle particelle
e	carica dell'elettrone = $4,78 \cdot 10^{-10}$
m	massa dell'elettrone = $9 \cdot 10^{-28}$
n	numero di particelle per cent. cubo della corona
s	sezione della corona
R	raggio della corona
c	velocità della luce = $3 \cdot 10^{10}$
\bar{H}	campo primario indotto dalla corrente ionica sul pianeta
\bar{B}	vettore induzione magnetica, dovuto ad M , e agente sulle cariche in moto
$\omega = \frac{v}{R}$	velocità angolare delle particelle.

La forza di Lorentz F_L è:

$$\frac{\bar{B} e v}{c} = F_L$$

dove: $\bar{B} = \frac{M}{R^3}$ ed $M = \frac{4}{3} \pi \rho^3 I$.

Ne deriva che

$$F_L = \frac{4}{3} \pi \frac{\rho^3}{R^3} I \frac{e v}{c}$$

La forza elettrostatica repulsiva è

$$F_e = \frac{Qe}{R^2} \quad Q = EQ^2 \quad F_e = \frac{EQ^2 e}{R^2}$$

L'eguaglianza dei valori assoluti delle due forze dà la condizione di equilibrio dinamico:

$$\frac{4}{3} \pi r \frac{\rho^3 e v}{R^2 c} = \frac{E \rho^2 e}{R^2}$$

da cui si ottiene

$$\frac{E}{I} = \frac{4}{3} \pi \frac{\rho}{R} \frac{v}{c} \quad [1]$$

È interessante osservare che, nella espressione [1], il campo elettrico del pianeta e l'intensità di magnetizzazione media sono legati al raggio del pianeta stesso e alla velocità angolare di rotazione delle particelle da una formula molto semplice e generale.

Per ottenere l'intensità di magnetizzazione I , è necessario che la corona produca un campo primario la cui media, nello spazio occupato dalla terra, sia tale che $I = \gamma H$.

Date le grandezze di ρ e di R si può scrivere con buona approssimazione

$$H = \frac{2 \pi i}{c R} \quad i = n e s v$$

e quindi:

$$I = \gamma \frac{2 \pi n s e v}{c R} \quad [2]$$

Da questa si ottiene per ω l'espressione:

$$\frac{v}{R} = \omega = \frac{I c}{2 \pi n s e \gamma} = 0,47$$

che confrontata con quella ricavata dalla [1] dà:

$$\frac{3 E c}{I 4 \pi \rho} = \frac{I c}{2 \pi n s e \gamma}$$

da cui si ottiene il prodotto della concentrazione per la sezione della corona,

$$n s = \frac{2 E \rho}{3 E e \gamma} = 1,71 \cdot 10^{17} \quad [3]$$

Supponendo la concentrazione eguale a 1000 particelle per cent. cubo la sezione diventa eguale a quella di un rettangolo di area $1,71 \cdot 10^{14}$ cm² cioè 17.000 km².

Per trovare il valore di R è necessario stabilire il valore di v ,

in ogni modo R è compreso fra un valore massimo corrispondente a $v=c$, e minimo (non possibile) eguale a ϱ . Se si dà a v il valore di un decimo della velocità della luce risulta,

$$R = 6,38 \cdot 10^9$$

La carica totale della corona che risulta è

$$Q_e = 2\pi n e s R \quad [4]$$

Questa carica tende per ragioni elettrostatiche a diffondersi nello spazio, per la repulsione fra le cariche stesse che la costituiscono.

L'azione di questa forza sarebbe compensata dal fatto che una carica positiva sufficiente è distribuita con simmetria cilindrica intorno alla terra, in un raggio minore di R . Tale carica positiva non influisce sul campo magnetico, perché è trascinata con la velocità angolare stessa della terra.

Concludendo: se nella formula [4] si mette il prodotto ns dato dalla [3] si ha

$$Q_e = \frac{4}{3} \pi \frac{I^2}{E} \frac{\varrho}{\lambda} R = 5,12 \cdot 10^8 R \quad [5]$$

Questa formula ci dà la carica elettrica totale causa del fenomeno lasciando arbitrario (entro certi limiti) il raggio R , che l'esperienza (per esempio la riflessione di onde elettromagnetiche) potrebbe fissare.

Dalla teoria così succintamente esposta si possono trarre deduzioni atte ad illuminare alcuni particolari problemi del c.m.t., dei quali però ora si dà solo un brevissimo cenno.

a) Il campo si presenta all'osservatore terrestre come in massima parte dovuto a cause interne alla terra: infatti noi misuriamo il vettore induzione B che deriva dalla intensità di magnetizzazione interna del pianeta. Il campo primario H ci appare come opposto a B , al di fuori della superficie della terra e ne rappresenta una piccola percentuale: come appunto risulta dalla esperienza.

b) Il fatto, che sembra dedursi dallo studio delle variazioni secolari, che cioè il campo abbia in certe epoche mutato senso, si potrebbe pensare come prodotto o da un cambiamento del segno delle cariche ruotanti o da una inversione del senso di rotazione degli elettroni negativi.

c) le profonde anomalie della distribuzione del campo sulla superficie della terra si ricollegano alla asimmetria della distribuzione dei materiali interni della terra e specialmente di quelli compresi in uno strato superficiale di alcune decine di chilometri, che sono quelli dotati della maggiore permeabilità magnetica.

d) le tempeste magnetiche dipendenti dalla attività solare, si potrebbero spiegare come derivanti da una variazione del momento magnetico solare, che induce nell'orbita della corona una forza elettromotrice, per la variazione di flusso che ne deriva attraverso la sua superficie.

Siamo forse in presenza di gigantesco betatrone cosmico?

Una simile considerazione applicata alle particelle ruotanti intorno al sole, potrebbe dare la spiegazione della genesi di particelle elettrizzate di grande energia.

e) Le variazioni diurne, l'effetto lunare e altri aspetti particolari si potrebbero inquadrare in una unica visione.

In ogni modo l'analisi particolare di ciascuno di essi sarà oggetto di prossime esposizioni.

Palermo — Istituto di Fisica dell'Università — giugno 1918.

RIASSUNTO

E' formulata una ipotesi che potrebbe dare ragione della esistenza del campo magnetico terrestre. Una corona di cariche elettriche ruotanti intorno alla terra genera un campo primario, da cui deriva la intensità di magnetizzazione esistente sul pianeta. L'equilibrio delle cariche della corona è dovuto all'azione della forza di Lorentz e di una forza di natura elettrostatica.