

## Il campo magnetico terrestre

### 1) NOTA STORICA

Gli studi riguardanti il campo magnetico terrestre furono i seguenti:

- Talete                      Di Talete è la scoperta del minerale capace di attirare a se del materiale ferroso. Scopre quindi la magnetite, nome derivante dal fatto che questo minerale fu trovato nei pressi di Magnesia. La **magnetite** è un ossido di ferro ( $Fe_3O_4$ )  
Non sappiamo se i Greci, i Romani e gli Arabi conoscessero il campo magnetico terrestre, ma sicuramente quest'ultimo era noto ai cinesi. Shen Kua ( 1031-1095) fa cenno alla magnetite e parla di un "compasso magnetico", strumento che si orientava secondo il c.m. terrestre e formato da un blocco metallico con un cucchiaino girevole, probabilmente un antenato della bussola.
- XII sec.                      Invenzione della **bussola** ( genovese - 1302 \ portoghese – 1527 \ inglese – XXIII sec. ), portata in Europa dai mercanti. Essa era usata per la navigazione, ma fino al 1600 non vi sono documenti che rilevano studi sistematici sul il c.m. terrestre.
- Norman  
( 1581)
  - Inventa la bussola a inclinazione
  - Descrive le caratteristiche della magnetite e dimostra che il polo nord magnetico non è un punto: arriva a verificare tale asserzione prendendo un ago magnetico e lasciandolo sospeso sulla superficie di un liquido, libero di muoversi: vede che si orienta e questo implica l'esistenza di due forze.
  - Non agisce una sola forza, ma una coppia di forze → pertanto il campo magnetico ha 2 poli ( N e S )
- Gilbert
  - Autore del "De Magnete" (1600) in cui:
    - descrive il c.m. terrestre
    - descrive la bussola e il suo funzionamento
    - traccia le prime carte magnetiche accurate
    - ipotizza che la Terra sia un blocco di magnetite e propone quindi il modello della Terrella → un ago magnetico sulla superficie esterna si comporta come i poli del c.m. terrestre
- Alley
  - Si accorge di alcuni mutamenti del c.m. terrestre rispetto alle carte magnetiche precedenti
- Gauss  
(1777 – 1855)
  - Studia il c.m. terrestre
  - Effettua misurazioni accurate mediante una rete di osservatori e misuratori del c.m. terrestre (anche Brera) e formula delle carte descrittive molto precise
  - Descrive matematicamente il c.m. terrestre ( modello dell'analisi armonica a sfera). Dimostra che il campo è fatto da 2 parti : il 98 % interno bipolare, il 2% esterno quadripolare
- XX sec.                      Teoria della dinamo



3) campo di INDUZIONE MAGNETICA → correnti indotte nella crosta e nel mantello

Per la presenza della magnetosfera si crea un campo leggermente differente: come se la sbarra metallica posta idealmente al centro della Terra fosse inclinata in modo tale da non permettere che i poli magnetici siano precisamente agli antipodi l'uno dall'altro.

### 3) IL VETTORE H

**Il vettore H è il vettore di intensità magnetica → è il vettore la cui direzione e il verso in ogni punto coincidono con quello dell'ago magnetico ( Asse S-N dell'asse magnetica della bussola).**

Tale vettore è noto se si conoscono direzione, verso, intensità. Direzione e verso sono descritti dagli angoli di declinazione e inclinazione magnetica

### INCLINAZIONE

- in questo caso l'ago è libero di ruotare su un piano verticale
- si inclina verso il basso nell'emisfero N , verso l'alto nell'emisfero S
- ha un valore compreso tra  $-90^\circ < i < 90^\circ$   
( l'inclinazione assume un valore positivo [  $i > 0^\circ$  ] nell'emisfero boreale)
- con  $i = 0^\circ$  → linea dell'equatore magnetico  
 $i = 90^\circ$  → poli magnetici della Terra

I poli magnetici principali non sono fissi. Qui di seguito possiamo vedere come i valori si siano modificati nel corso del tempo:

anno 1955	→	73,5° N	100° W
		71,5° S	151° E
anno 1985	→	75° N	100° W
		70° S	145° E

A cui si aggiungono i poli magnetici secondari

- lo strumento usato per la misura dell'inclinazione è l' **inclinometro**  
Unendo i punti della Terra con la stessa inclinazione si individuano le **linee isocline**

### DECLINAZIONE

- in questo caso l'ago è libero di ruotare su un piano orizzontale → forma un angolo con il meridiano passante per quel punto
- $\delta$ = inclinazione magnetica
- il valore è positivo verso E \ negativo verso W
- l'angolo ha un valore compreso tra  $-90^\circ < \alpha < 90^\circ$
- tra i poli magnetici e geografici impazzisce
- LINEA AGONA = luogo dei punti con  $\delta = 0^\circ$
- Lo strumento usato per la misura della declinazione è il **declinometro**, con il quale è anche possibile determinare la carta dei meridiani magnetici  
Unendo i punti della Terra con la stessa declinazione si individuano le **linee isoqone** ( meridiani magnetici)

## INTENSITA' H<sub>T</sub>

- U.M. è il gauss
- L'intensità non è uniforme, infatti:
  - Ai poli → 0,70 [
  - Ai tropici → 0,35 [
  - All'equatore → 0,25 [
- Lo strumento usato per la misura dell'intensità è il **magnetometro** o il **gassometro** (basato sull'effetto Hall)  
Unendo i punti della Terra con la stessa intensità si individuano le **linee isomagnetiche** → generalmente vengono costruite per piccole aree della Terra poiché varia molto in base al tipo di roccia e alla vicinanza delle dorsali

## 4) VARIAZIONI DEL C.M. TERRESTRE

Le variazioni possono essere di 3 tipi

- 1) MILLENARIE ( inversione dei poli \ rilevazione del paleomagnetismo)
- 2) SECOLARI ( migrazione dei poli \ deriva verso ovest )
- 3) GIORNALIERE ( regolari \ tempeste geomagnetiche)

### • VARIAZIONI MILLENARIE

Variazioni di questo tipo sono l' inversione dei poli.

I poli magnetici si sono invertiti almeno 6 volte e tra un'inversione e l'altra vi è un periodo che va da 20.000 anni a 10.000.000 anni)

Oggi, inoltre , si rileva una diminuzione dell'intensità del campo magnetico dai tempi di Gauss.

La prova dell'esistenza di questo tipo di variazioni è data dall'analisi delle rocce sedimentarie. Nella formazione e nella compattazione delle rocce, infatti, i minerali magnetici contenuti al loro interno mantengono lo stesso orientamento del periodo magnetico in cui si sono formate.

Nel campo delle scienze della Terra è nato il:

PALEOMAGNETISMO :

- definizione della mobilità crostale e litosferica dei pianeti
- studio dei caratteri del c.m. terrestre nel corso dei tempi geologici
- studio dell'alternanza delle polarità magnetiche delle rocce
- prove della deriva

### • VARIAZIONI SECOLARI

Si pensa siano variazioni collegate al campo geomagnetico ( troppo lenti perché abbiano origine dalla magnetosfera)

Sono variazioni di 2 tipi:

- variazioni dell'intensità del campo ( 25% l'anno)
- deriva verso ovest delle isocline

- **VARIAZIONI GIORNALIERE**

Sono variazioni di 2 tipi:

REGOLARI → dovute allo spostamento della Terra sulla sua orbita e quindi periodiche  
→ variazione dello 0,5 % al giorno (dovuto al moto di rotazione intorno al Sole )  
→ dipendono dalla latitudine

TEMPESTE MAGNETICHE → improvvise  
→ simultanee su tutta la Terra  
→ durano uno o più giorni  
→ sono collegate all'attività delle macchie solari e del vento solare

Si verificano in tal caso due fenomeni, dovuti al fatto che cariche libere creano un campo magnetico che interagisce con il campo terrestre:

- 1) interferenze e disturbi nelle comunicazioni
- 2) fenomeno delle aurore polari (nelle aurore boreali le particelle creano luminescenza)

Vanno poi ricordate le **Fasce di Van – Allen**, all'interno delle quali rimangono intrappolate le particelle del vento solare. In queste fasce le particelle intrappolate si muovono con una traiettoria a spirale di raggio variabile attorno alle linee di forza del campo → Corrente anulare verso ovest .

$$R = m v / e B$$

Vicino ai poli il raggio è minimo, all'equatore massimo.

## **5) TEORIE**

### **1) Teoria del magnete sferico di Gilbert**

#### **Pro e contro di questa teoria**

##### PRO

- Modello della Terrella
- Presenza di materiali ferromagnetici nel nucleo

##### CONTRO

- Nel nucleo la magnetizzazione si perde, poiché le temperature sono di molto superiori alla temperatura di Curie

### **2) Teoria della dinamo autoeccitata o ad autoinduzione o idromagnetica**

Il campo geomagnetico è caratterizzato da correnti elettriche esistenti nel nucleo

Questa teoria è basata sul meccanismo della dinamo ad autoinduzione costruita da Siemens nel 1860. Egli infatti costruì effettivamente l'apparato, mediante una dinamo a disco.

Per induzione nel disco si formano le correnti parassite di Foucault per il principio di Lenz (secondo il quale la corrente indotta si crea per opporsi alla causa inducente). Queste correnti si dirigono dalle estremità verso il centro

Se preleviamo queste correnti e le utilizziamo per caricare un solenoide, grazie alle correnti possiamo alimentare il campo magnetico che genera.

Vediamo le analogie tra la Terra e il sistema della dinamo appena sopra descritto:

DISCO CONDUTTORE	↔	NUCLEO TERRESTRE (ferro + nichel allo stato fuso)
ROTAZIONE del DISCO	↔	MOTO di ROTAZIONE TERRESTRE
CAMPO MAGNETICO	↔	CAMPO MAGNETICO del Sole ???

*oppure*

MOTO CONVETTIVO ESISTENTE NEL NUCLEO  
CASUALMENTE ???

### Pro e contro di questa teoria

#### PRO

- Esistenza di c.m. propri sulle stelle, sul Sole e sugli altri pianeti gassosi
- Assenza di un c.m. sulla Luna e sugli altri pianeti rocciosi

#### CONTRO

- Per Effetto Joule dovrebbe esserci una grande dispersione di calore ed energia
- Deriva verso ovest (secolare)