

# MAGNETISMO

è l'insieme dei fenomeni causati dalla presenza o dal movimento di correnti elettriche e di magneti

## TRACCE di STORIA

**I secolo.** PLINIO IL VECCHIO narra che il magnete prende il nome da un pastore che nota l'attrazione della punta di ferro del suo bastone sulla roccia sottostante.

**XIII secolo.** PEREGRINO descrive le proprietà dei dipoli magnetici, ipotizza che la Terra sia simile ad una sfera magnetica e descrive la bussola galleggiante e a perno mobile (MA1).

**XVI secolo.** GILBERT esegue esperimenti tesi a eliminare credenze errate sul magnetismo e stabilisce un'analogia tra la Terra e una sfera di magnetite, la terrella.

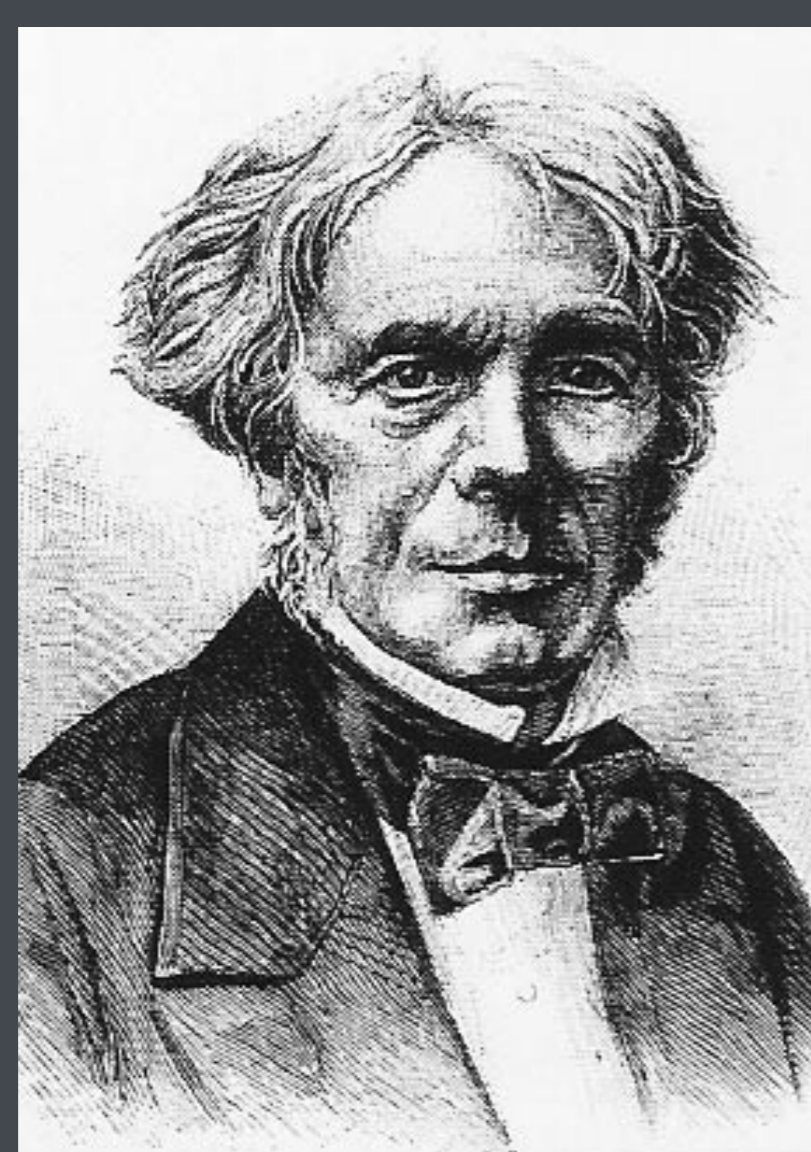
**XVIII secolo.** OERSTED scopre che una corrente produce un campo magnetico (MA2) e NOBILI inventa il primo galvanometro (MA3, MA4). ARAGO scopre la

magnetizzazione del ferro (MA5) e osserva il magnetismo di rotazione (MA6) che consentirà a BARLOW di inventare il motore elettrico (MA7). AMPÈRE sperimenta l'interazione tra due fili percorsi da corrente (MA8). FARADAY formula la rappresentazione del concetto di campo tramite linee e scopre l'induzione magnetica, NEUMANN e LENZ ne elaborano la legge. WEBER introduce il sistema assoluto di misure elettromagnetiche, PALMIERI studia il magnetismo terrestre. Nei secoli successivi vengono perfezionati strumenti per lo studio dei fenomeni di deviazione dell'ago magnetico dal Nord (declinazione) e del non parallelismo alla superficie terrestre della direzione del campo geomagnetico (inclinazione) (MA11).

**XIX secolo.** Avviene la sintesi tra elettricità e magnetismo. MAXWELL interpreta le forze tra cariche, correnti e magneti come prodotto dell'azione di campi elettromagnetici e deduce che anche la luce è un'onda della stessa natura. HERTZ conferma sperimentalmente l'esistenza delle onde, ne misura la velocità e la trova uguale a quella della luce. MARCONI applica la teoria delle onde alla telegrafia. LORENTZ fonda una teoria della materia che spiega i fenomeni elettromagnetici in base al comportamento degli elettroni.

**XX secolo.** Si tenta l'unificazione delle diverse forze (elettromagnetica, nucleare debole e nucleare forte); resta esclusa la forza gravitazionale.

## BIOGRAFIA di un'IDEA: L'ELETTROMAGNETISMO, DALL'ESPERIMENTO ALLA TEORIA



FARADAY

Gli esperimenti hanno due obiettivi principali: aumentare la sfera delle conoscenze attuali e confermare i risultati precedentemente ottenuti.

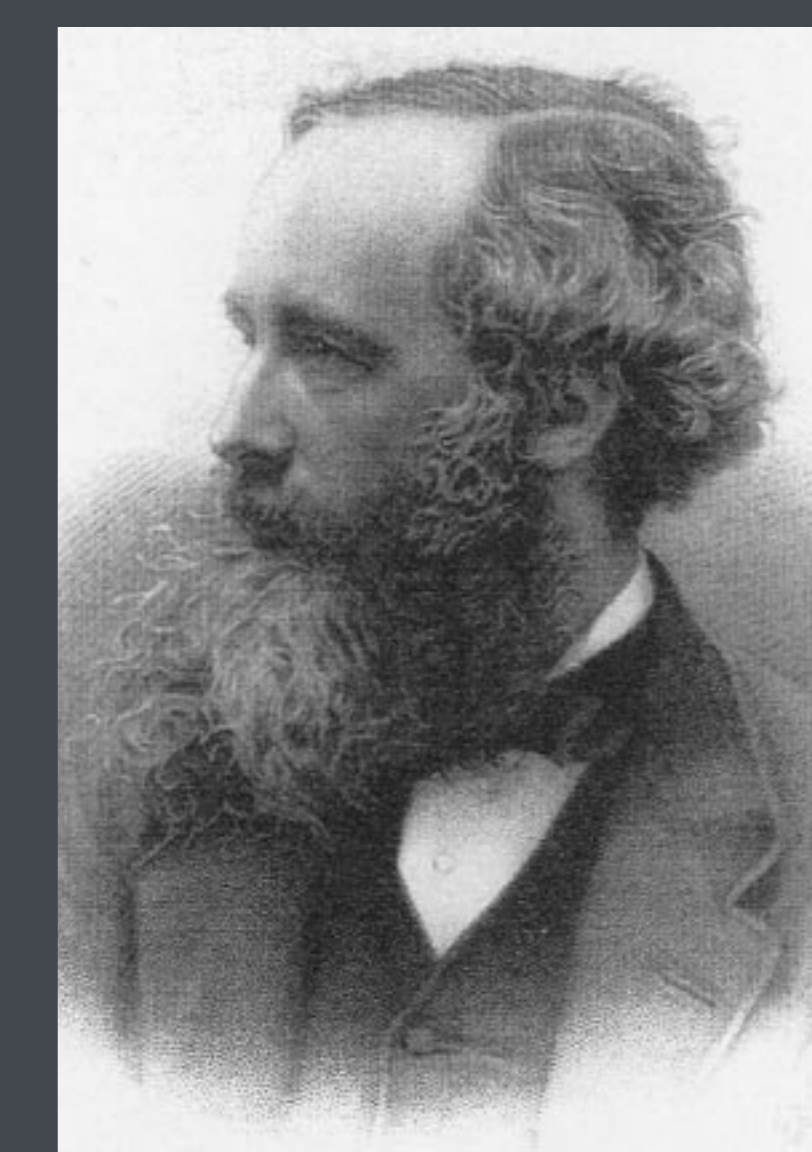
L'idea che le forze gravitazionali, elettriche e magnetiche agiscano a distanza senza la mediazione di qualcosa che le trasmetta da un corpo all'altro non ha un evidente significato fisico. Occorre visualizzare le forze agenti tra cariche elettriche o tra magneti tramite linee che sono accurata espressione della loro natura e direzione. Sono le curve che appaiono all'occhio, ad esempio, quando della limatura di ferro viene spruzzata su una lastra di vetro appoggiata su un magnete. La traccia che si ottiene evidenzia la direzione variabile delle linee di forza, consente di identificare le zone in cui l'intensità del campo è maggiore e di determinare i punti o luoghi neutri anche in presenza di potenti magneti. Il campo di forze così ottenuto ha la caratteristica di essere distribuito in modo continuo e uniforme in tutto lo spazio circostante i corpi.

Un ulteriore settore di indagine è la produzione di elettricità dal magnetismo, in modo analogo a quello in cui una corrente costante genera intorno a sé un campo magnetico.

Si predispone un anello di ferro sul quale si avvolgono due fili di rame separati da corda e tela. Quando si connettono i capi di un avvolgimento con una batteria si rileva come effetto immediato un passaggio di corrente nell'altro filo; quando si interrompe il collegamento il fenomeno si ripresenta. Per scoprire quali sono i fattori essenziali per la riuscita dell'esperimento occorre stabilire se la presenza del nucleo di ferro è necessaria e se è possibile indurre corrente variando le linee di forza in qualche altro modo. Alla prima domanda si può rispondere riproponendo l'esperimento senza l'utilizzo del magnete; si ottiene che la corrente è indotta ogni volta che nel primo filo se ne fa variare l'intensità. Per risolvere il secondo quesito si effettua un nuovo esperimento. Si costruisce un cilindro cavo di carta sul quale si avvolge del filo di rame; alle estremità di quest'ultimo viene collegato un galvanometro per rilevare eventuali passaggi di corrente. Ogni volta che una sbarretta cilindrica di materiale magnetico viene estratta o immersa nel cilindro l'ago del galvanometro si muove; nulla accade quando il magnete è fermo.

La variazione delle linee di forza magnetica genera una corrente in un conduttore.

MAXWELL



Lo scopo delle scienze esatte è quello di ridurre i problemi della natura alla determinazione di certe quantità per mezzo di operazioni con i numeri.

Applicando correttamente le idee e i metodi sperimentali introdotti per visualizzare le linee di forza è possibile rivelare, a chi conosce la matematica, i legami tra fenomeni differenti. La rappresentazione avviene cominciando a fissare su un foglio un punto qualsiasi e disegnando una linea la cui direzione coincida con quella della forza. Spostandosi lungo tale linea e ripetendo il procedimento si ottiene una linea curva che indica, per ogni punto in cui passa, la direzione della forza; per tale motivo viene chiamata linea di forza. Allo stesso modo è possibile disegnare un insieme di curve che riempia tutto lo spazio e la cui direzione rappresenti quella della forza in ogni punto.

I fatti sperimentali dimostrano che campi magnetici variabili generano forze elettromotrici o correnti elettriche e campi elettrici variabili o cariche in movimento determinano campi magnetici.

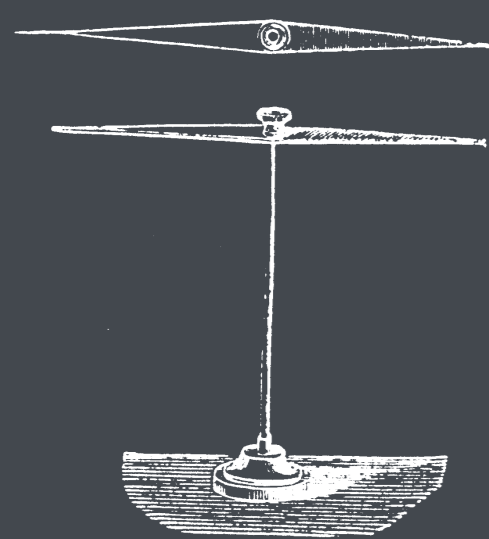
Generalizzando tali osservazioni si ottiene una formulazione matematica sulla natura e sulle leggi del campo elettromagnetico. Un campo elettrico variabile nello spazio produce un campo magnetico e viceversa. Due conduttori carichi, uno positivamente e l'altro negativamente, producono nello spazio circostante un campo elettrostatico che accumula energia, allo stesso modo in cui una molla compressa immagazzina energia meccanica. Collegando le sfere con due fili metallici si genera un flusso di corrente tale da far diminuire sia le singole cariche sia l'energia del campo. Contemporaneamente tale variazione genera un campo magnetico e l'energia del sistema si converte da elettrica a magnetica. La variazione del campo magnetico consente alla corrente di continuare a fluire e ricaricare le due sfere con segno opposto rispetto alla situazione iniziale. L'energia magnetica si trasforma nuovamente in elettrica e alla fine non passa più corrente; il processo può ricominciare in direzione contraria.

La fluttuazione dei campi elettrico e magnetico si propaga attraverso lo spazio come una perturbazione, l'onda elettromagnetica. Le linee di forza del campo elettrico e magnetico si trovano su piani perpendicolari tra loro e alla direzione di propagazione dell'onda.

# MAGNETISMO

## OGGETTI e STRUMENTI

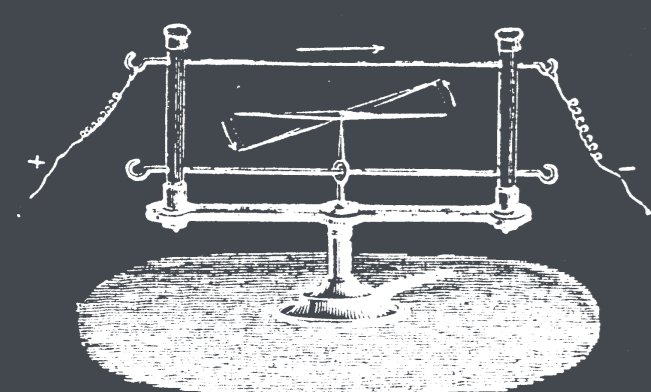
### MA1 VARI AGHI MAGNETICI



Un ago magnetico è costituito da una losanga magnetizzata nel cui centro vi è una cupoletta che permette di appoggiarla su un asse verticale. Se l'ago è orizzontale si osserva che esso non rimane in equilibrio in una posizione qua-

lunque, ma si orienta in modo che una delle estremità sia sempre rivolta circa verso il nord geografico, chiamato polo nord, mentre l'estremo opposto viene denominato polo sud.

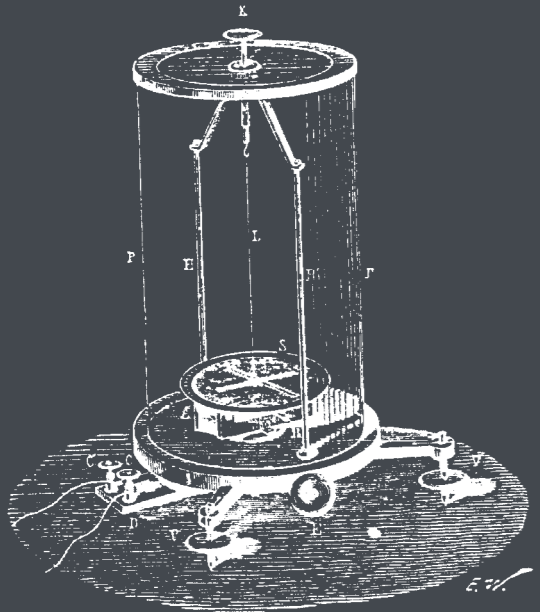
### MA2 APPARECCHIO PER L'ESPERIENZA DI OERSTED



Lo strumento serve per mostrare l'azione di una corrente elettrica su un ago magnetico. È formato da un conduttore rettilineo, disposto orizzontalmente su una bussola; in assenza di corrente elettrica nel filo conduttore, l'ago calami-

tato si orienta verso il nord geografico. Collegando gli estremi del conduttore ad una pila, l'ago tende a disporsi perpendicolarmente alla direzione della corrente. Invertendo i poli della pila la rotazione avviene in verso contrario.

### MA3 GALVANOMETRO ASTATICO DI NOBILI



Il galvanometro serve per determinare le intensità delle correnti elettriche. Lo strumento si basa su un sistema astatico formato cioè da due aghi paralleli collegati fra loro, con polarità opposte ed appesi ad un filo. In tal modo viene eliminata l'influenza del campo magneti-

co terrestre. Uno dei due aghi è libero di ruotare all'interno di una bobina mentre l'altro si trova all'esterno e serve come indice della rotazione. Per piccoli angoli, l'intensità della corrente è proporzionale alla rotazione dell'ago.

### MA4 GALVANOMETRO UNIVERSALE



Il galvanometro semplice è costituito essenzialmente da una bobina di filo conduttore, avvolta su un nucleo di ferro dolce dalla forma di piccola sbarra. Un ago magnetico, libero di ruotare, è sospeso a un filo molto sottile sopra la bobina.

Quando nella bobina circola corrente, il campo prodotto dall'elettrocalamita devia l'ago dalla posizione di equilibrio. Ad equilibrio nuovamente raggiunto, si legge il valore dell'intensità della corrente che passa nella bobina.

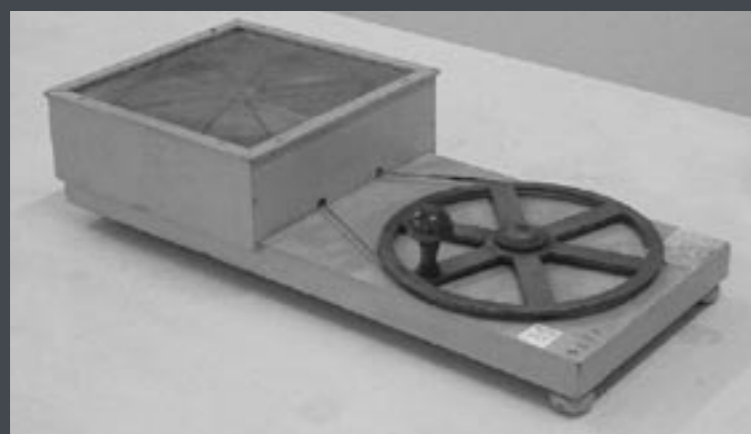
### MA5 ELETTROCALAMITA



Lo strumento è costituito da un nucleo di ferro dolce piegato ad U attorno al quale è avvolto un rocchetto di filo metallico rivestito di sostanza isolante ed è sospeso ad una colonna in legno. Collegando l'elettrocalamita ad una pila, il nucleo di ferro si magnetizza; in questo modo i due

estremi diventano poli magnetici; una sbarra metallica posta a corredo dello strumento viene di conseguenza attirata verso i due poli. Quando la corrente cessa di passare la magnetizzazione termina e la sbarra metallica può riprendere la posizione iniziale.

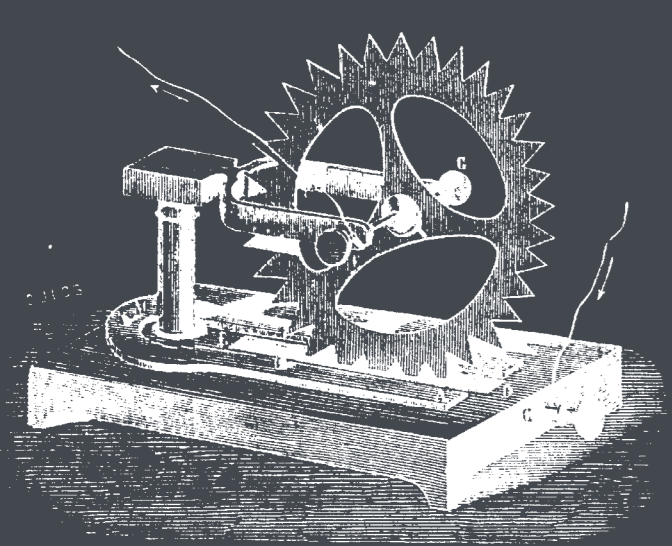
### MA6 APPARECCHIO DI ARAGO



L'apparecchio è formato da un disco di rame orizzontale che viene messo in rotazione tramite una manovella collegata ad una cinghia. Il disco è protetto da una lastra di vetro sulla quale si colloca un

ago magnetico (mancante) girevole attorno ad un asse verticale corrispondente a quello del disco di rame. Facendo ruotare il disco, le correnti indotte agiscono sull'ago causandone la rotazione.

### MA7 RUOTE DI BARLOW

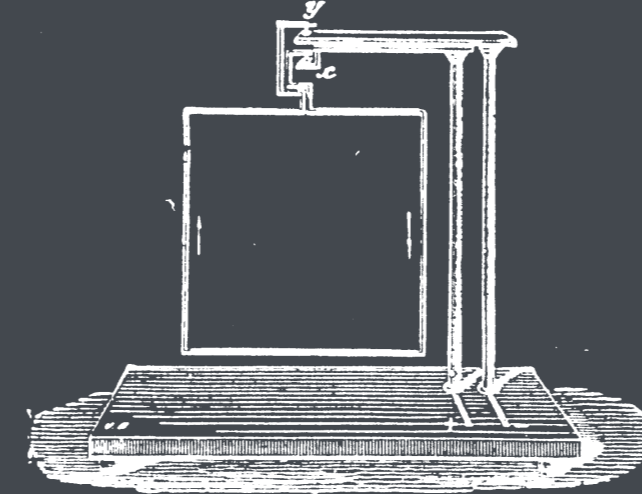


L'apparecchio è formato da una coppia di ruote dentate libere di girare attorno ad un asse orizzontale passante per loro centro; sono poste fra le espansioni polari di due calamite a ferro di cavallo e pescano leggermente in due bacinelle contenenti mercurio.

Collegando l'asse di ciascuna ruota ed il mercurio con i poli di un generatore, il circuito si chiude. Nasce così una forza

che provoca la rotazione continua dei dischi; cambiando verso alla corrente o invertendo le polarità delle calamite, il senso di rotazione delle ruote si inverte. Lo strumento è molto importante, in quanto costituisce un primo esempio, molto semplice, di motore elettrico, cioè di dispositivo in grado di trasformare l'energia elettrica in energia meccanica.

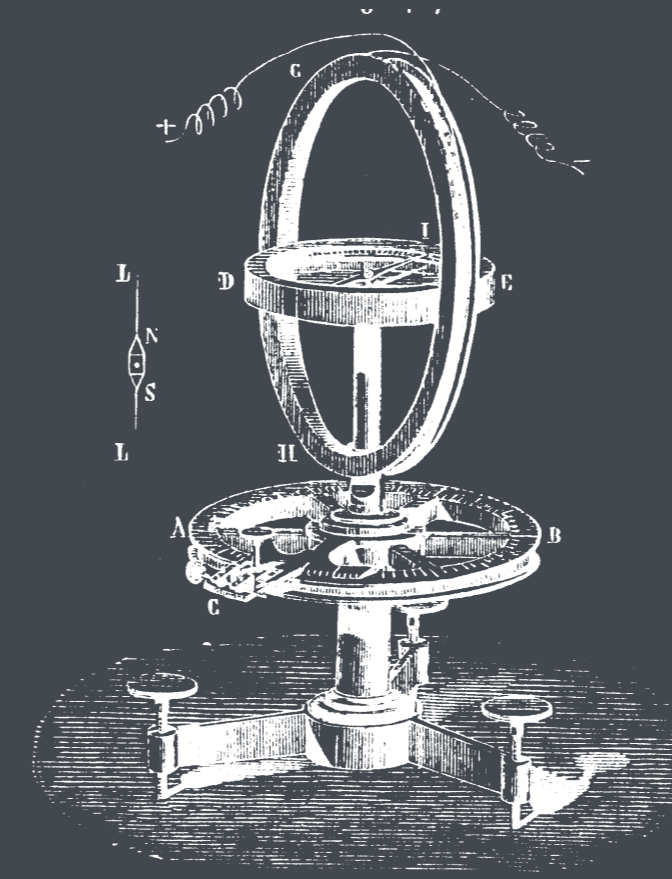
### MA8 APPARECCHIO PER LE ESPERIENZE DI AMPÈRE



È costituito da una base in legno sulla quale sono disposte due aste metalliche che terminano con due sbarre orizzontali provviste di due scodelline contenenti mercurio. Se si prende una spira rettan-

golare e la si pone in modo che gli estremi peschino nelle scodelline, questa sarà mobile intorno alla linea che passa per le punte. Se si fa passare corrente questa circolerà nel conduttore e lo farà ruotare.

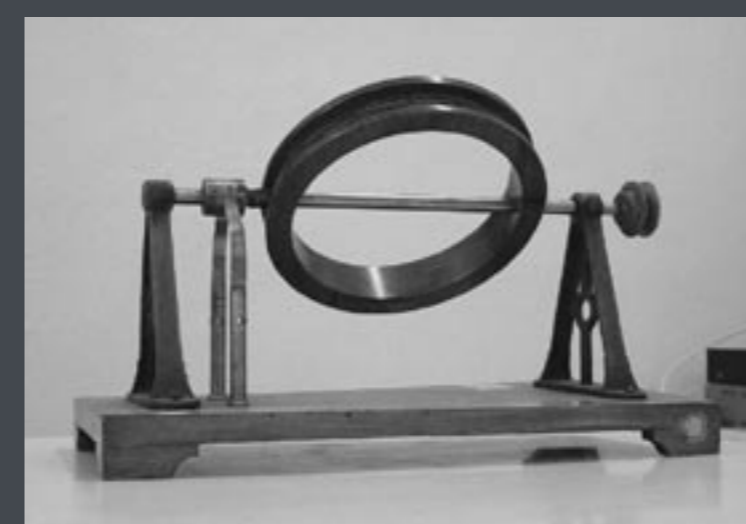
### MA9 BUSSOLA DELLE TANGENTI



È formata da una spira circolare entro cui può passare corrente e da un piccolo ago magnetico posto nel centro della spira. L'ago, se non circola corrente, si orienta secondo il campo magnetico terrestre. Se attraverso il circuito passa corrente, l'ago è sottoposto all'azione contemporanea del campo magnetico terrestre e di quello generato dalla spira; quest'ultimo tende a disporre l'ago

perpendicolarmente al piano della spira. L'intensità dello spostamento dipende dalla corrente che passa nel circuito. Si può vedere che, in un dato luogo, l'intensità di corrente è proporzionale alla tangente dell'angolo di deviazione. Facendo in modo che l'angolo sia di 45°, il campo creato dalla corrente uguaglia il campo terrestre.

### MA10 TELAIO PALMIERI



È un telaio circolare di legno, a cui sono avvolte un centinaio di spire di filo di rame isolato. I due capi della bobina comunicano con un collettore ad anelli; il telaio si applica all'apparecchio di rotazione per la forza centrifuga. Facendo

ruotare il telaio con l'asse di rotazione in direzione est-ovest il campo magnetico terrestre induce corrente; se invece la direzione di rotazione è quella del campo magnetico terrestre la corrente non si manifesta più.

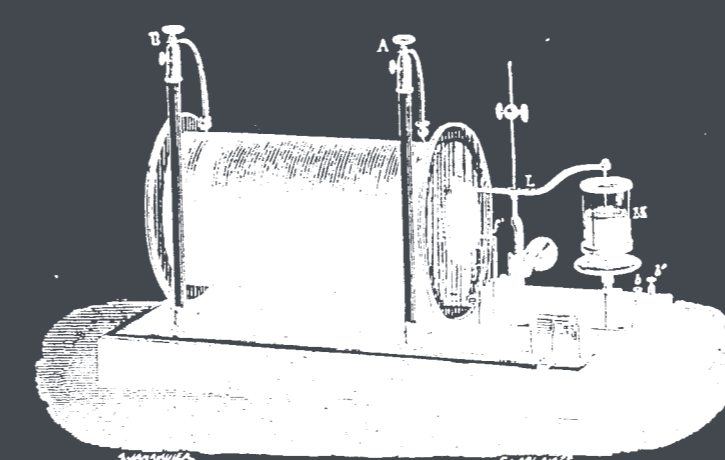
### MA11 INCLINOMETRO E DECLINOMETRO



È costituito da un ago magnetico girevole all'interno di un cerchio graduato che può ruotare in un piano verticale che deve coincidere con quello del meridiano del luogo; a tal fine, sulla base, dotata di tre viti calanti e di una bolla, è fissato un cerchio orizzontale graduato,

suddiviso in gradi centesimali, che consente di ruotare il corpo dello strumento. Il sistema può anche essere disposto in posizione orizzontale mediante due viti laterali di fissaggio e consentire così anche misure di declinazione.

### MA 12 ROCCHETTO DI RUHMKORFF



L'apparecchio serve per trasformare le correnti continue a basso potenziale, date da una pila, in correnti alternate a potenziale elevato.

È costituito da due rocchetti di filo conduttore isolato, l'uno interno all'altro. Quello interno, formato da un filo corto e grosso, ha un nucleo costituito da un fascio di fili di ferro dolce, ed è detto avvolgimento primario. Il rocchetto esterno, detto secondario, è formato da un avvolgimento costituito da un filo molto sottile e lungo che termina con due serrafili ben isolati. Il funzionamento dello strumento è basa-

to sull'induzione; facendo passare la corrente nel primario e chiudendo e aprendo alternativamente il circuito, si ha che ad ogni chiusura del circuito si forma nel secondario una corrente indotta, contraria a quella induttrice, e a tensione elevata; ad ogni apertura, invece, si ha una corrente indotta concorde a quella induttrice, per cui la corrente ottenuta è alternata. Le chiusure e aperture del primario sono ottenute automaticamente per mezzo di interruttori. La tensione agli estremi del filo esterno può essere talmente elevata che scoccano delle scintille.