



Silvia
Defrancesco*,
Fabrizio
Logiurato**,
Grzegorz
Karwasz***

*Liceo Scientifico

G. Galilei, Trento

** Dipartimento di

fisica, Università

di Trento

** Facoltà di

Ingegneria, Mesiano

(TN) e Dipartimento

di Fisica, Università

di Toruń, Polonia.

Paradossi del Geomag™

Publicato con permesso dell'American Association of Physics Teachers da: Silvia Defrancesco, Fabrizio Logiurato, Grzegorz Karwasz, "GEOMAG™ PARADOXES", *The Physics Teacher*, 45, 9, p. 542-545, 2007

(Pervenuto il 18.01.2010, approvato il 25.01.2010)

ABSTRACT

Using iron filings and the well known GEOMAG magnetic toy we build and demonstrate unusual and interesting magnetic fields.

Come spesso accade, si può fare molta fisica con un giocattolo. Abbiamo trovato interessante l'osservazione del campo magnetico prodotto da diverse configurazioni costruite con il GEOMAG™¹.

Questo gioco è costituito da piccole barre magnetizzate e da sfere di acciaio. Si possono costruire divertenti strutture in 3D; tuttavia questa possibilità non è così ovvia. Infatti, per costruire una figura solida è necessario unire almeno tre sbarrette ad una sfera, e quindi almeno due dei poli attaccati alla sfera presentano la stessa polarità, ma due poli opposti dovrebbero attirarsi e poli uguali dovrebbero respingersi. Per capire cosa accade, è utile considerare configurazioni più semplici.

Due sbarrette

La cosa più ovvia è osservare il campo magnetico di una sbarretta (un dipolo) nel modo usuale, cioè con l'aiuto di limatura di ferro. Abbiamo connesso due sbarrette ad una sfera posta nel mezzo. È stato molto sorprendente notare che le sbarrette possono essere facilmente unite non solo quando i due poli opposti sono uno di fronte all'altro, ma anche quando poli uguali sono uno di fronte all'altro. Ci siamo quindi incuriositi e abbiamo voluto capire come si formava il campo magnetico in entrambi i casi; poiché i risultati sono stati interessanti e stimolanti, abbiamo costruito varie configurazioni che qui esponiamo.

Quando due poli opposti di sbarrette magnetiche sono collegati da una sfera ferromagnetica, il campo magnetico risultante è quello che ci si aspetta: un dipolo, come mostrato nella Fig. 1(a)². La presenza della sfera praticamente non cam-

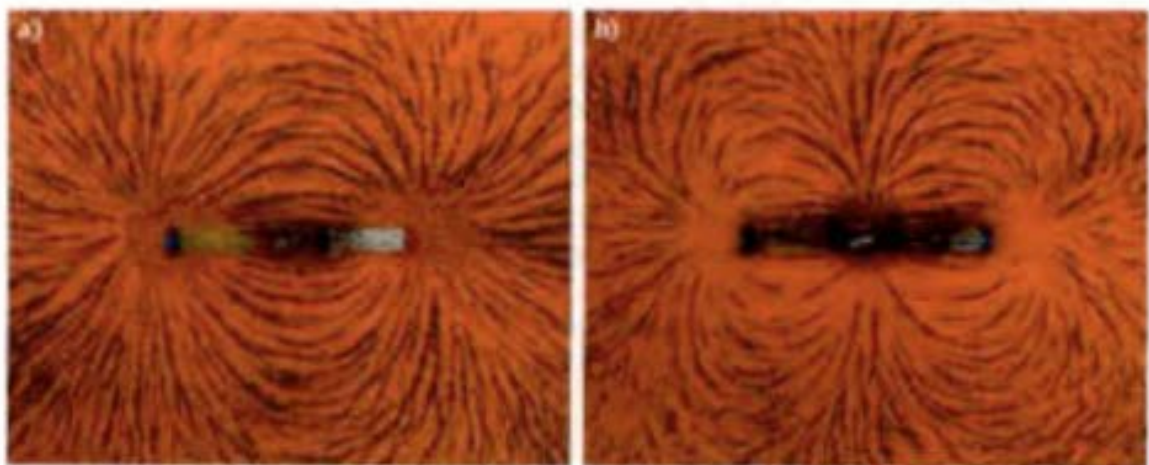


Figura 1. (a) Un dipolo: due magneti sono uniti alla sfera con i due poli opposti, cioè la sfera è situata fra due poli opposti. (b) Due magneti sono uniti alla sfera con i poli uguali. La sfera è posta fra due poli uguali.

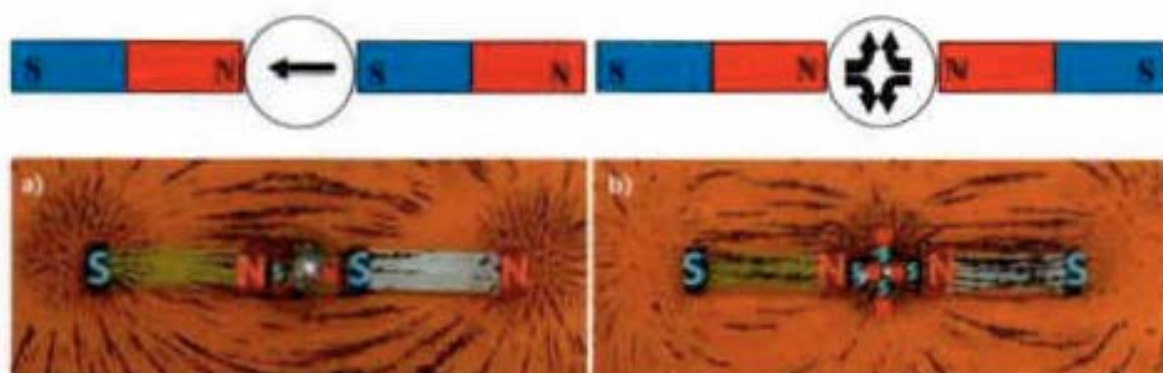


Figura 2. (a) Quando due poli opposti dei due magneti sono uno di fronte all'altro, viene indotta nella sfera una magnetizzazione nella stessa direzione; il campo risultante è simile a un dipolo. (b) Al contrario, quando i poli uniti alla sfera sono uguali, la magnetizzazione indotta nella sfera è simile a quella di un quadrupolo. Viene mostrata l'orientazione di qualche polo elementare all'interno della sfera. Le immagini sopra le configurazioni indicano la direzione del campo magnetico all'interno della sfera.

bia la configurazione di un dipolo "normale". La sfera si magnetizza mostrando due poli. Al contrario, quando poli della stessa polarità sono connessi alla sfera, accade qualcosa di sorprendente: la sfera si magnetizza in un modo inaspettato (Fig. 1(b)).

Cerchiamo di chiarire cosa accade in entrambi i casi. Per capire la configurazione della Fig. 1(a) consideriamo dapprima una sfera e un magnete (magnete 1). Il magnete 1 indurrà i dipoli magnetici molecolari ad allinearsi nella direzione del campo. Se il polo nord è vicino alla sfera, in essa verrà indotto un dipolo nord-sud, con il polo sud vicino al magnete. Così, i due oggetti saranno soggetti a una forza magnetica attrattiva. Portiamo ora il secondo magnete (magnete 2) vicino alla sfera. Se il polo sud sta di fronte alla sfera, il magnete 2 viene attirato e i tre oggetti producono un campo magnetico simile a un dipolo (Fig. 2(a)).

Consideriamo ora la configurazione di Fig. 1(b). Consideriamo nuovamente una sfera unita al magnete 1 che presenta il polo nord vicino alla sfera. Quando il magnete 2 viene avvicinato alla sfera, viene originata una forza di repulsione come ci si aspetta. Ma avvicinando il magnete sempre di più, alla fine si attaccherà alla sfera.

Per capire questo comportamento, ricordiamo che la magnetizzazione aumenta con l'aumentare del campo magnetico esterno; d'altra parte, l'intensità del campo magnetico diminuisce con la distanza. Il magnete 2 tende a magnetizzare la sfera in modo opposto rispetto al magnete 1. Quando il magnete 2 è lontano dalla sfera, la sua influenza sulla sfera è molto più debole di quella prodotta dal magnete 1; dunque, la sfera viene magnetizzata seguendo il campo del magnete 1 lungo la direzione S-N e il magnete 2 viene respinto. Tuttavia, quando il magnete 2 è vicino alla parte opposta della sfera, il suo campo magnetico può essere sufficientemente intenso da indurre nella sfera un campo risultante interno dato dalla successione di poli S-N N-S lungo la direzione dei magneti (Fig. 2(b)).

Il magnete 2 è di conseguenza soggetto a una forza attrattiva. La Fig. 2 (b) mostra che il campo magnetico nella sfera presenta una configurazione simile a quella di un campo di quadrupolo. Con l'aiuto di una piccola bussola è possibile fare una mappa della configurazione del campo magnetico nelle vicinanze della sfera.

Un monopolio?

Poiché il gioco fornisce numerose sbarrette magnetiche, è possibile connetterle e costruire una lunga barra magnetica. (Fig. 3). Il campo magnetico mostra il comportamento di un monopolio. Ma dov'è il trucco? Naturalmente il dipolo c'è,

ma poiché il secondo polo (opposto) è molto lontano dall'altro, il campo magnetico nelle vicinanze di ogni polo è simile al campo di una singola carica elettrica con simmetria sferica.

Due percorsi chiusi

La presenza di oggetti ferromagnetici determina la configurazione dei campi stessi. L'oggetto ferromagnetico si magnetizza fortemente e crea un campo esterno che si somma al precedente. Le linee di campo risultanti sono più dense nel materiale ferromagnetico, mentre sono meno dense nella zona esterna dove il campo è più debole. I cosiddetti schermi magnetici sono basati su questo principio.

Grazie alle sfere, è facile costruire un quadrato. Anche se la configurazione geometrica è la stessa, è possibile costruire due quadrati che sono completamente differenti dal punto di vista delle loro proprietà magnetiche. Si osservi la Fig. 4(a): i magneti sono collegati con i poli opposti uniti alla sfera. In questo modo, le linee di forza sono dentro il circuito; cioè, il campo magnetico è confinato quasi interamente nel materiale ferromagnetico.

Nella fig. 4(b), la configurazione è diversa; i magneti sono uniti alla sfera con i poli uguali. In questo caso, di nuovo, nella sfera si deve creare un quadrupolo. Esiste un campo magnetico esterno e il circuito³ magnetico non si può più considerare chiuso.

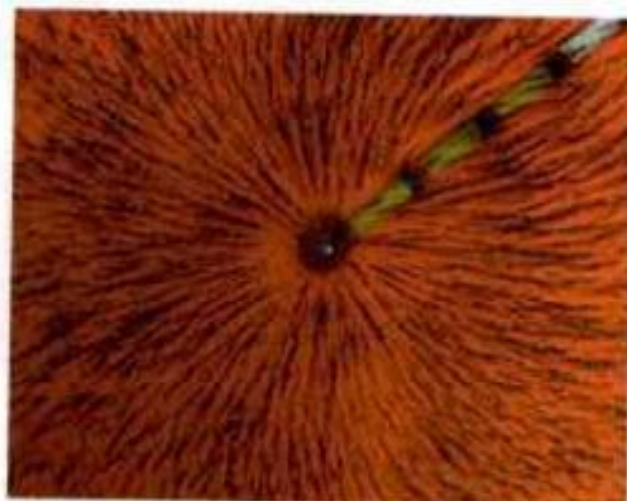


Figura 3. Scoperto il monopolio magnetico?



Figura 4. (a) In ogni vertice poli opposti sono uniti alla sfera. (b) In ogni vertice poli uguali sono uniti alla sfera. Il campo risultante è un campo di quadrupolo.

Molto altro ancora...

Ci sembra interessante utilizzare questo gioco molto diffuso per mostrare le linee di campo magnetico. Inoltre, questo gioco ci permette di fare alcune osservazioni non realizzabili con l'ordinario materiale di laboratorio. Naturalmente, si possono realizzare molte altre configurazioni, seguendo i suggerimenti degli studenti.

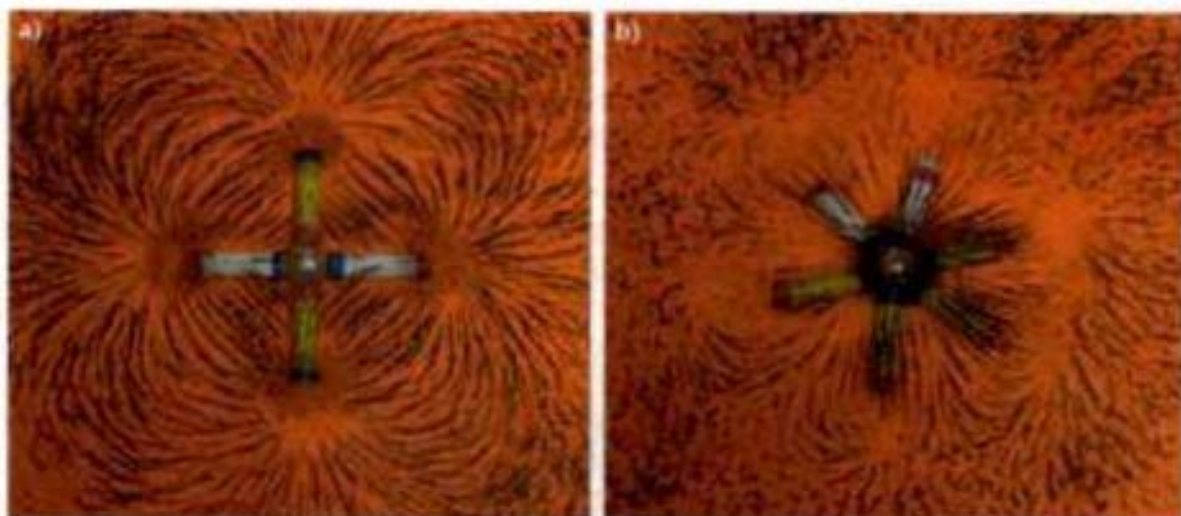


Figura 5. (a) Le coppie di magneti orizzontale e verticale sono unite alla sfera con i poli uguali. (b) Poli uguali sono uniti alla sfera. La sfera presenta ora un polo nord piano e due poli sud, perpendicolari al piano della figura.

Ad esempio, nella Fig. 5 (a) due poli nord uniti alla sfera formano una coppia verticale e due poli sud, sempre uniti alla sfera, formano una coppia orizzontale. Questa struttura dà luogo a una configurazione di quadrupolo, simile a quella della Fig. 4 (b), ma ruotata di un angolo di 45° . Nella Fig. 5 (b) tutti i magneti sono uniti alla sfera con i poli uguali. Le linee di campo dei poli nord sono chiuse sui poli sud della sfera.

- Note**
- ¹ Molte ditte vendono ora prodotti simili al GEOMAGTM; <http://www.geomagworld.com>
 - ² Ogni sistema di magneti è stato posto sotto un vetro, la cui superficie è stata cosparsa con limatura di ferro.
 - ³ Con "circuito magnetico" intendiamo una configurazione chiusa di successivi elementi ferromagnetici in cui il campo magnetico è confinato completamente. A volte il circuito può essere interrotto da piccole aperture ("gaps"). I circuiti magnetici sono ampiamente utilizzati in elettrotecnica (per esempio, elettromagneti e trasformatori).

Si invitano i soci a versare la quota di associazione (35 euro) per l'anno 2010.

I pagamenti possono essere effettuati tramite l'accluso bollettino, da riempire in ogni sua parte, sul C.C.P. n. 12428041 intestato a:

Associazione Insegnamento Fisica - A.I.F.

c/o Istituto Statale "Giulio Natta", Via Europa 15, 24125 Bergamo