

Nel solenoide ... misure del campo magnetico

(exp. id exp-20230413-I-v1)

Un esperimento proposto da
Andrea Colonna, Chiara Peroni, Elisabetta Chistè, Anna Cirrincione ¹
– Liceo A. Rosmini di Rovereto - Trento

Introduzione

Il campo magnetico è generato da cariche elettriche in moto. Una corrente elettrica genera dunque un campo magnetico. Un solenoide è una bobina di forma cilindrica formata da una serie di spire circolari molto vicine fra loro e realizzate con un unico filo di materiale conduttore. È importante perché al suo interno si genera un campo magnetico costante nella stessa direzione dell'asse della solenoide, di modulo

$$B_{int} = \mu_0 \left(\frac{N}{L} \right) I$$

In questo esperimento misureremo il campo magnetico di un solenoide, attraversato da una corrente nota, utilizzando il magnetometro presente in molti smartphone. Dato che questi sensori non sono predisposti per esperimenti di fisica si utilizzerà un software, che dopo aver letto un numero congruo di dati, calcoli il valor medio e lo scarto quadratico medio di questi ultimi, verificandone la casualità attraverso l'istogramma dei valori e la corrispondente curva di Gauss.

L'analisi dei dati permette di stabilire la diretta proporzionalità tra corrente e campo magnetico e, conoscendo il numero di spire possiamo ottenere una stima di μ_0 .

¹Lavoro eseguito nell'ambito di un progetto Flying-Lab progetto cofinanziato dalla fondazione Caritro e dal Liceo A. Rosmini di Rovereto TN


Materiali _____

- Due smartphone
- un solenoide abbastanza grande da poter contenere uno smartphone
- un generatore di corrente continua con misuratore di corrente

Eseguire le misurazioni _____

Questo esperimento richiede 2 smartphones che chiameremo rispettivamente **primario** e **secondario**.

Sul primario, su cui è stato installato precedentemente PHYPHOX , bisogna:

1. aggiungere il programma di analisi statistica del campo magnetico nella direzione Y, cliccando sul pulsante  in basso a destra e selezionando QR CODE in basso. Questo aggiungerà il programma MISURA STATISTICA DEL CAMPO MAGNETICO LUNGO Y.

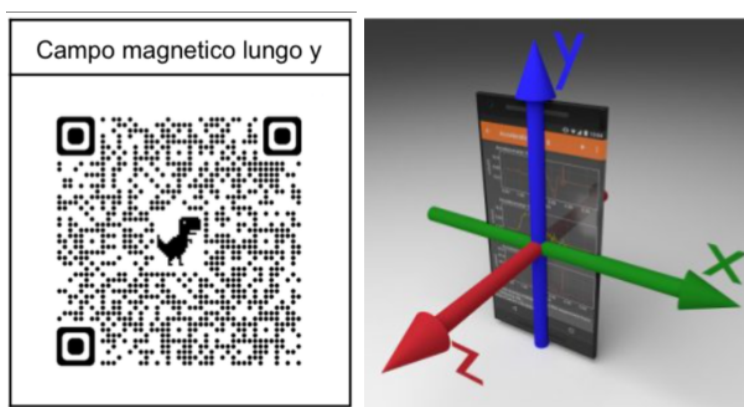


Figura 1: Programma di analisi statistica dei dati magnetici lungo l'asse y

2. dopo aver attivato su di esso la funzione ROUTER dalle impostazioni del telefonino, bisogna attivare la funzione ABILITA ACCESSO REMOTO, generando un URL, su cui saranno inviati i dati raccolti.
3. posizionarlo nel solenoide in modo che l'asse Y dello smartphone coincida con l'asse di simmetria del solenoide.

Le operazioni da effettuare sullo smartphone secondario sono:

1. il secondario deve collegarsi all' hotspot generato dal primario², attraverso un browser nel link generato dal primario.
2. In esso appariranno le finestre di controllo del programma MISURA STATISTICA DEL CAMPO MAGNETICO LUNGO Y.

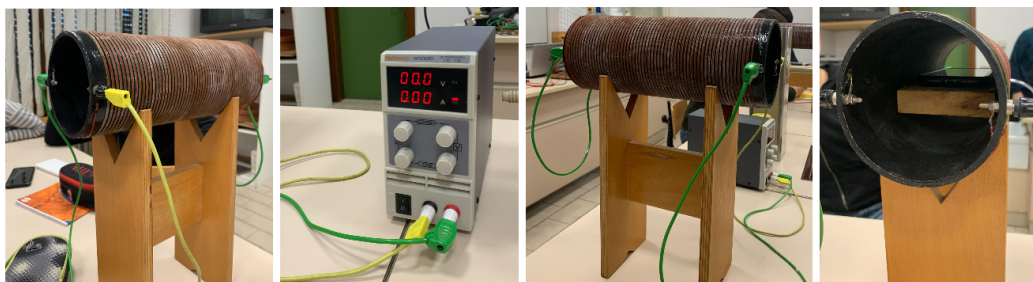


Figura 2: Foto della strumentazione

Dal programma MISURA STATISTICA DEL CAMPO MAGNETICO LUNGO Y del secondario, cliccando sul piccolo pulsante triangolare in alto a destra dello schermo (pulsante d'inizio) il programma comincia a registrare il campo magnetico nel solenoide. Visualizzerà i valori numerici e un grafico campo magnetico vs. tempo, ma soprattutto è presente l'istogramma dei valori di campo magnetico, il valore medio tra tutti quelli fino a quel momento letti, la deviazione standard e il numero di valori letti.

Il sensore misurerà un campo magnetico anche se nel solenoide non passa alcuna corrente (campo magnetico terrestre). Ripeti la misurazione del campo magnetico, facendo passare corrente, prendendo nota ogni volta del valore del campo magnetico e dell'errore statistico. Aspetta ogni volta che il magnetometro abbia letto almeno 500 misure. Il valore della grandezza fisica in questione è dato dal valor medio. Come incertezza puoi usare la deviazione standard σ (anche se è più corretto usare $\frac{\sigma}{\sqrt{N}}$, dove N è il numero di misure usato per valutarla).

Osservazioni generali sull'acquisizione dei dati _____

Annota le misurazioni in modo ordinato e completo (indicando valori, incertezze e unità). Usa tabelle e grafici adeguatamente. Presta sempre la dovuta attenzione alla misurazione che stai facendo.

²<https://phyphox.org/remote-control/>

Preparare e leggere il grafico _____

Crea un grafico dei valori del *Campo magnetico del solenoide* ³ in funzione della *corrente*. Presta attenzione alla scala sugli assi. In un grafico ben fatto, i punti sperimentali sono ben distanziati e uniformemente distribuiti su entrambi gli assi. Scegliline opportunamente i limiti.

È probabile che i dati sembrino distribuirsi in modo abbastanza lineare. Traccia la retta che si adatta meglio ai dati e determinane pendenza e intercetta.

Cerca di capire il significato fisico di questi parametri.

³Il campo magnetico solenoide è dato dalla differenza del campo magnetico misurato con il campo magnetico terrestre

Per l'insegnante

(exp. id exp-20230413-I-v1)

1. Nell'effettuare l'esperienza assicurarsi che il campo magnetico prodotto sia al di sotto dei $4.000 \mu\text{T}$ valor massimo supportato dai magnetometri degli smartphone.
2. Dai valori di tabella raccolti, vedi figura sotto, si ottiene un valore di permeabilità magnetica compatibile con il valore noto $\mu_0 = 1.2566 \frac{\mu\text{Tm}}{\text{A}} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{H/m}$:

$n = N/L =$ (1/m)	186									
errore $n =$ (1/m)	4	Corrente $I(\text{A})$	$n \cdot I(\text{A/m})$	Campo magnetico $B_i(\text{microT})$	errore stdev (microT)	Campo Mg BN(i) $B_i - B_0$ (microT)	errore BN(i) (microT)	errore $n \cdot I$ (A/m)	μ_0 (microT*m/A)	errore μ_0 (microT*m/A)
		0,0	0	11,3	0,6	0,0	1,2			
		0,5	93	127,2	1,5	115,9	2,1	21	1,25	0,30
		1,0	186	243,1	0,9	231,8	1,5	23	1,25	0,16
		1,5	279	356,3	1,8	345,0	2,4	25	1,24	0,12
		2,0	372	471,7	0,6	460,4	1,2	27	1,24	0,09
		2,5	465	586,7	0,9	575,4	1,5	29	1,24	0,08
		3,0	558	704,4	1,8	693,1	2,4	31	1,24	0,07
		3,5	651	819,6	1,8	808,3	2,4	33	1,24	0,07
		4,0	744	931,4	1,8	920,1	2,4	35	1,24	0,06

Figura 3: Esempio di valori raccolti nel laboratorio di fisica

3. Il grafico rivela una tendenza lineare crescente, in accordo con quanto prevede la legge.

Campo magnetico vs densità di corrente

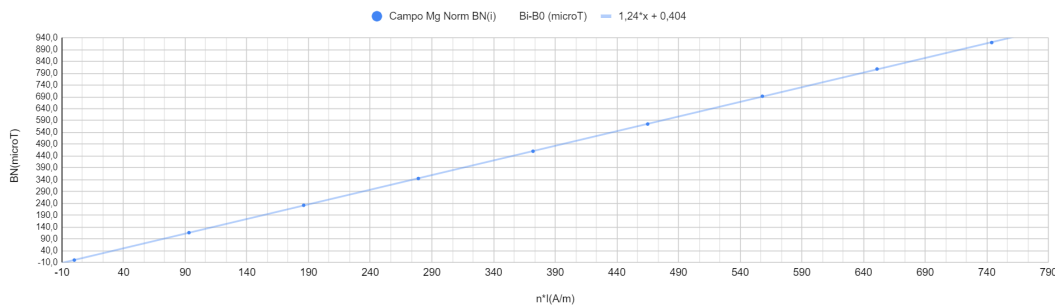


Figura 4: Grafico dei valori tabulati sopra

4. Si può fare una discussione su come migliorare l'esperienza.
5. Questo esperimento è stato provato con successo da studenti di quinta liceo scientifico sportivo presso la scuola "L. A.Rosmini" di Rovereto (TN).

Obiettivi, livello di distribuzione, e durata _____

1. Obiettivo primario: Destare interesse nella raccolta e l'analisi di dati sperimentali.
2. Obiettivo primario: Sviluppo di abilità per l'indagine scientifica.
3. Obiettivo primario: Ottenere dati da rappresentare graficamente e interpolarli, senza il bisogno di strumenti matematici avanzati.
4. Adatto a: scuole superiori. Facilmente adattabile a un contesto universitario.
5. Durata: non più di 1 di ora per l'acquisizione dei dati, + 1 ora per l'analisi dei dati, + scrittura di un breve rapporto.

Ulteriori informazioni online _____

Lasciate opinioni, suggerimenti, commenti e notizie sull'utilizzo di questa risorsa sul canale corrispondente a questo esperimento all'interno dello spazio di lavoro di Slack "smartphysicslab.slack.com".

Gli insegnanti possono chiedere di essere registrati sulla piattaforma attraverso il modulo presente sulla *home page* di smartphysicslab.org e ottenere così l'invito alla registrazione su Slack ed essere inseriti nella *mailing list* di smartphysicslab.