# Misura dei campi magnetici

Giuseppe Sottile

22 marzo 2021

## 1 Abstract

In questo articolo si descrive il procedimento di misurazione dei campi magnetici: terrestre, attorno ad un filo ed un solenoide. Si procede, poi, alla verifica sperimentale di alcune delle leggi fondamentali del magnetismo come la legge di Biot-Savart che mette in relazione il campo magnetico e le correnti nei cobnuttori.

## 2 Keywords

Magnetic - Field - Magnetismo - Solenoide - Biot-Savart

◇

## 3 Materiale

- Smartphone Mate 10 Pro BLA-L09 con Sistema operativo Android 10 - 6Gb RAM, Provessore HiSilicon Kirin 970.
- Multimetro digitale
- Doppino telefonico
- Cilindri in plastica di sezioni varie
- Nastro
- Pile da $1.5V$ $AA, C, D$
- Magneti permanenti
- Alimentatore stabilizzato 0 - 30 V

## 4 Procedimento

### 4.1 Campo magnetico esterno ad un filo ed un solenoide

Per la determinazione del campo magnetico attorno ad un filo è stato impiegato un doppino telefonico del diametro di $0.5mm$ Il filo è stato posizionato in prossimità del sensore magnetico (magnetometro) dello smartphone. Analogamente per la misura del campo magnetico generato da un solenoide. Il solenoide è stato realizzato avvolgendo più volte il medesimo filo attorno a dei cilindri in plastica.

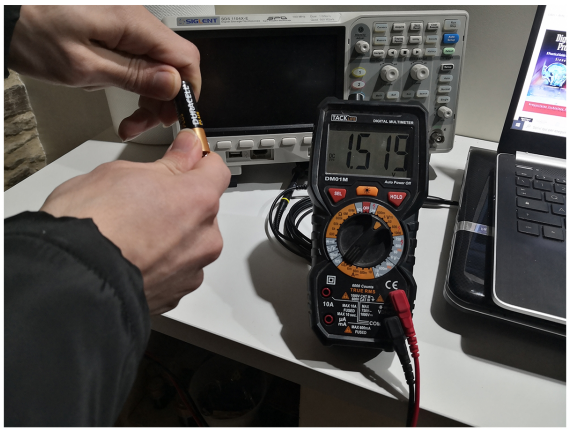
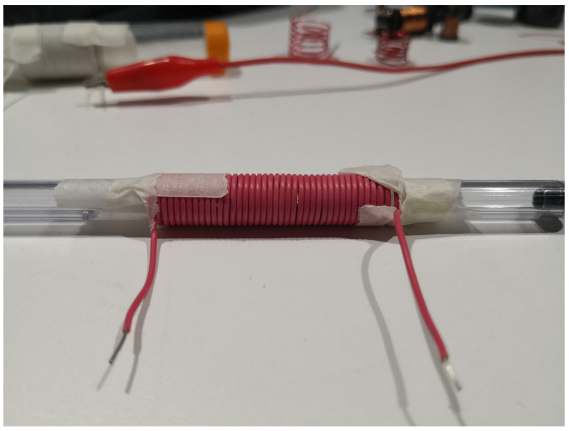



Figura 1: Misurazioni

### 4.2 Corrente

Sottoponendo il filo ed il solenoide ad una tensione pari a $1.5V$ ed avendo il filo ed il solenoide, una resistenza eguale di $0.3\Omega$, dalla legge di Ohm ricaviamo il valore di corrente in entrambi i casi.

$$I_{filo} = I_{solenoide} = \frac{V}{R_{filo}} = \frac{1.5}{0.3} \approx 5A$$

Per la determinazione dell'errore intrinseco, ricaviamo l'incertezza relativa per tener conto della propagazione dell'errore nella formula:

$$\frac{\delta\left(\frac{V}{R}\right)}{\left|\frac{V}{R}\right|} = \frac{\delta V}{|V|} + \frac{\delta R}{|R|} = \frac{0.01}{1.5} + \frac{0.01}{0.3} = 0.006 + 0.0\overline{3} = 0.039 = 3.9\% \rightarrow 0.195$$

$$\downarrow$$

$$I_{filo} = (5 \pm 0.195)A$$

### 4.3 Resistenza Interna alla batteria

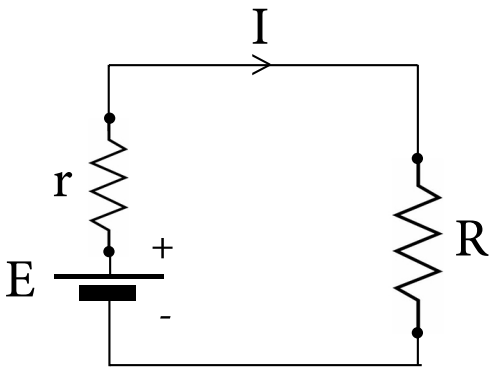
Ogni batteria possiede una proria resistenza interna che modella tutti i fenomeni dissipativi interni alla batteria stessa. Per determinare la resistenza interna, ho dapprima misurato la resistenza del filo, successivamente sulla base del seguente circuito ho determinato il valore di $r$.

$$E = RI + rI$$

$$r = \frac{E - RI}{I} = \frac{1.5V - 0.3\Omega \cdot 5A}{5A} = 0.45\Omega$$

$$\frac{\delta\left(\frac{E}{I} - R\right)}{\left|\frac{E}{I} - R\right|} = \frac{\delta E}{|E|} + \frac{\delta I}{|I|} - \frac{\delta R}{|R|} = \frac{0.01}{1.5} + \frac{0.19}{5} - \frac{0.01}{0.3} = 0.006 + 0.038 - 0.03 = 0.014 = 1.4\% =$$

$$\rightarrow (0.45 \pm 0.0063)\Omega$$




## 5 Risultati

Di seguito i risultati relativi alle misurazioni. La tabella riassume i valori medi con le relative incertezze.

**Valori medi delle misure del campo magnetico**

| | filo | solenoide |
|---|---|---|
| $B_x(\mu T)$ - **in assenza di correnti** | -16,75±0, 28 | -16,75±0, 28 |
| $B_y(\mu T)$ - **in assenza di correnti** | -16,39 ±0, 27 | -16,39±0, 27 |
| $B_z(\mu T)$ - **in assenza di correnti** | -33,20±0, 30 | -33,20±0, 30 |
| $B_x(\mu T)$ - **in presenza di correnti** | 209,62±18, 99 | 113,72±4, 10 |
| $B_y(\mu T)$ - **in presenza di correnti** | 21,31±1, 34 | 22,50±5, 83 |
| $B_z(\mu T)$ - **in presenza di correnti** | 105,96±13, 75 | -46,22±3, 02 |
| $d(m)$ - (**distanza**) | 0,05±0, 01 | 0,02±0, 01 |
| $I(A)$ - (**corrente**) | 5±0.19 | 5±0.19 |
| $R(\Omega)$ - (**resistenza interna batteria**) | 0.45±0.0063 | 0.45±0.0063 |

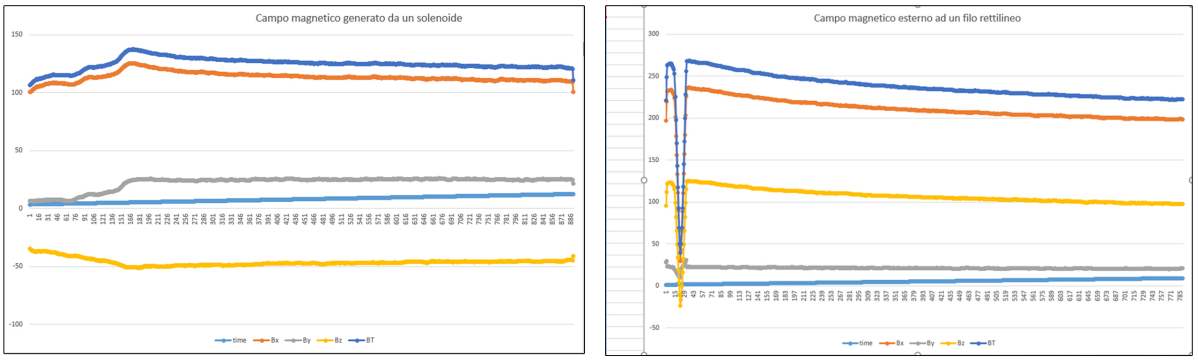



Figura 2: A sinistra, componenti del campo magnetico esterno generato da un solenoide in presenza di correnti, a destra generato da un filo rettilineo

# 6 Discussione

la misura del campo magnetico è stata svolta in diversi punti della stanza. Senza l'azione di correnti il dispositivo ha misurato un campo magnetico "di fondo" in media pari ai $40\mu T$, dovuto al campo terrestre. Avvicinando il filo o il solenoide al dispositivo in assenza di correnti, questi non hanno influito sui valori medi del campo misurato, in quanto il rame o l'alluminio non influiscono sul campo magnetico. Nella tabella i valori dei campi in assenza di correnti sono eguali circa al campo terrestre. Essendo il campo magnetico una grandezza vettoriale, esso si somma, proprio come accade per i vettori geometrici. Per sperimentare questo effetto ho provato ad annullare l'effetto del campo magnetico terrestre dopo diverse prove, trovando una certa disposizione di 3 magneti permanenti come nella figura.

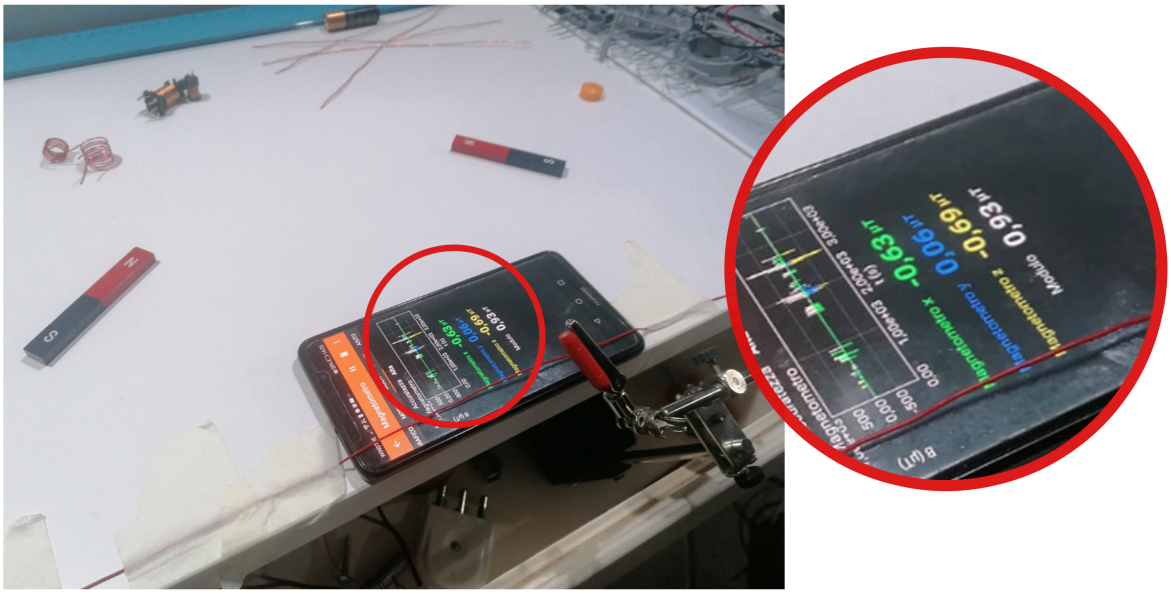


Figura 3: Annullamento campo terrestre

Questi tre magneti disposti nel modo in figura, annullano (o meglio rendono quasi nullo) il vettore campo nel punto in cui è posizionato il magnetometro interno allo smartphone. Inoltre i dati mostrano che il campo magnetico terrestre non è come ci si dovrebbe aspettare localmente. Vi è ad esempio una componente lungo $z$; probabilmente perchè il campo viene distorto da altri agenti nel luogo della misura, come materiali metallici, altoparlanti, eletrtodomestici ecc.

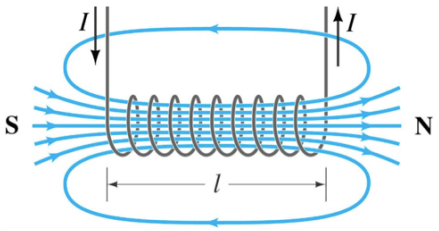
# 7 Conclusioni e note

## 7.1 Misura del campo magnetico interno al solenoide

Per la misura del campo magnetico interno al solenoide ho realizzato un avvolgimento mediante doppino telefonico di sezione $0.5mm$. Ho collegato il doppino avvolto lungo circa 10 metri ad un alimentatore stabilizzato con una tensione di $1.5V$, ed una corrente di $1.36A$, misurata dall'amperometro. Il valore del campo complessivo, determinato attraverso la misurazione è pari a:

$$(383,16 \pm 9,57)\mu T$$

Secondo la legge di Biot-Savart sappiamo che il campo magnetico all'interno di un solenoide è dato dalla relazione




$$B_{INT} = \mu \frac{NI}{l}$$

Sostituendo i valori di corrente, il numero di spire e la lunghezza otteniamo:

$$B_{INT} = 4\pi 10^{-7} \frac{45 \cdot 1.36}{0.155} \approx 496 \mu T$$

L'errore relativo commesso

$$\frac{\delta\left(\mu \frac{NI}{l}\right)}{\left|\mu \frac{NI}{l}\right|} = \frac{\delta\mu}{|\mu|} + \frac{\delta N}{|N|} + \frac{\delta I}{|I|} + \frac{\delta l}{|l|} =$$
$$= 0 + 0 + 0,07 + 0,06 = 13\%$$

Riassumendo, il valore del campo interno al solenoide è pari a:

$$B_{INT} = (496 \pm 64,48) \mu T$$

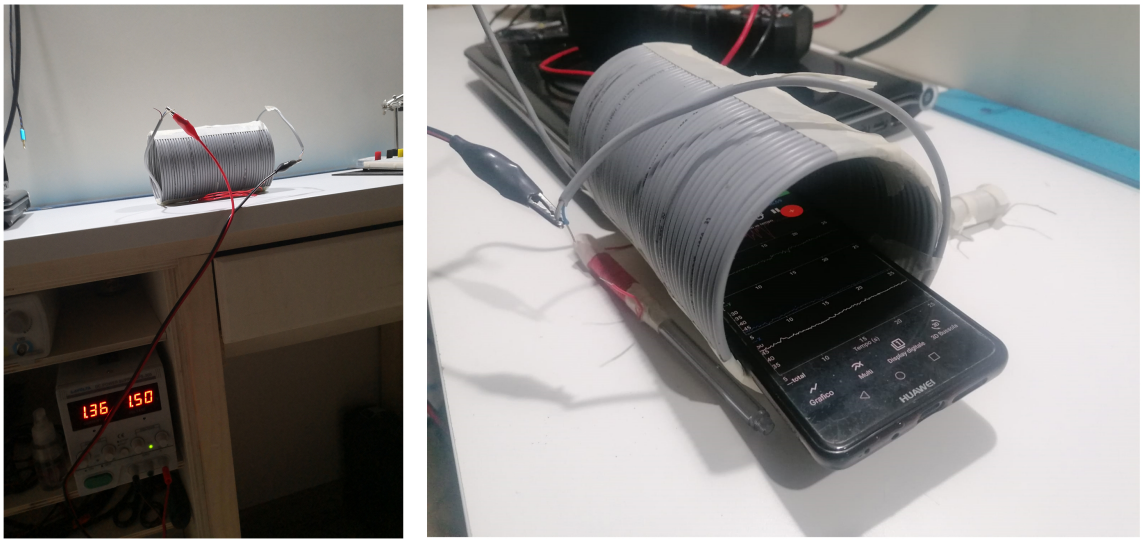


Figura 4: Campo magnetico interno ad un solenoide di sezione $8.5cm$

# 8 Bibliografia


- Mencuccini Silvestrini / Fisica 2 (Elettromagnetismo Ottica), Liguori Ed
- Mazzoldi Nigro Voci / Fisica 2, Edises