

**NUOVI E VECCHI STRUMENTI
PER INDAGARE I FENOMENI IN NATURA**
Il laboratorio tra tradizione e innovazione

Firenze, 22 – 23 aprile 2026

SEZIONE TESINE TRIENNIO

Primo classificato

Tra attrazioni e tensione. Il mondo di Faraday

Studenti

Bettin Lorenzo - Callegaro Letizia - Lazzarin Rebecca

Barison Francesca - Pastore Aurora

Classi 4A - 4B

Istituto di Istruzione Superiore

Liceo scientifico Istituto Don Bosco

Padova (PD)

Docente Coordinatore

Zanella Laura

Il lavoro, coerente con il tema del concorso, ripercorre gli esperimenti di Oersted e di Faraday con l'utilizzo di un galvanometro e di strumenti attuali. Gli studenti realizzano un joystick basato sull'effetto Faraday per un videogioco. L'attività è presentata con rigore e l'analisi dei dati è completa e accurata; la taratura del galvanometro è ben svolta e ben documentata. Apprezzabile il confronto critico delle caratteristiche degli strumenti utilizzati e dei risultati che questi forniscono. La tesina evidenzia padronanza delle tecniche sperimentali e buona conoscenza degli argomenti trattati.

Il gruppo è composto da tre studentesse e uno studente di classe quarta del Liceo Scientifico - opzione Scienze Applicate - e una studentessa di quarta del Liceo Scientifico Tradizionale.

Fin dall'inizio, tutti i componenti del gruppo hanno dimostrato curiosità e interesse per il tema proposto dal convegno. Prendendo spunto dal titolo *"Nuovi e vecchi strumenti per indagare i fenomeni in natura". Il laboratorio tra tradizione e innovazione* hanno deciso di esplorare fisicamente il laboratorio di fisica della scuola, aprendo armadi dimenticati e riscoprendo vecchi strumenti da cui trarre ispirazione. Tra questi, hanno suscitato particolare interesse e curiosità un conduttore contrassegnato dall'etichetta "Ørsted" e un galvanometro storico, strumenti che hanno contrassegnato il punto di partenza del loro percorso di ricerca.

Le attività si sono svolte a scuola, nel laboratorio di fisica. Il gruppo si è dimostrato eterogeneo per interessi e attitudini: alcuni studenti si sono dedicati con maggior attenzione all'approfondimento teorico, altri hanno privilegiato l'aspetto sperimentale, occupandosi, ad esempio, della realizzazione di varie bobine e della ricerca dei materiali più adatti, e chi ha curato la scrittura della relazione, forte dell'esperienza maturata nella redazione del giornalino scolastico. Il lavoro si è sempre svolto in un clima collaborativo e partecipativo. Gli studenti hanno formulato ipotesi, posto domande e cercato risposte attraverso la progettazione e la realizzazione di nuovi esperimenti e il coinvolgimento di docenti di fisica dell'Istituto. Non tutti i tentativi hanno prodotto i risultati attesi, ma anche gli insuccessi si sono rivelati occasioni di riflessione e di crescita, permettendo loro di vivere a pieno la vita di laboratorio fatta di intuizioni, verifiche, errori e scoperte.

L'osservazione dell'effetto prodotto dal movimento del magnete all'interno della bobina ha stimolato ulteriori riflessioni applicative. Partendo dalla passione di uno dei componenti del gruppo, è nata l'idea di sviluppare un videogioco in cui il segnale elettrico generato dall'induzione elettromagnetica venisse trasformato in un comando di gioco. L'iniziativa è stata accolta con entusiasmo da tutti e ha rappresentato un significativo momento di integrazione tra competenze scientifiche e informatiche, traducendo un fenomeno fisico in un'esperienza interattiva concreta.

Nel corso dell'intero progetto gli studenti hanno dimostrato costanza, spirito di iniziativa e interesse per i contenuti affrontati. L'entusiasmo è stato particolarmente evidente nel momento in cui hanno potuto osservare il funzionamento completo del sistema realizzato, trasformando un'idea nata dal confronto in laboratorio in una realtà concreta e funzionante.

VENTITREESIMA EDIZIONE

SCIENZA A FIRENZE

TRA ATTRAZIONI E TENSIONE

IL MONDO DI FARADAY



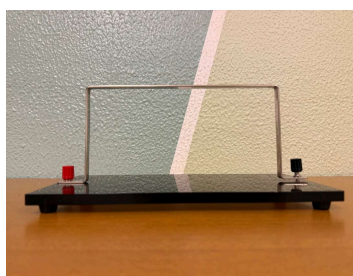
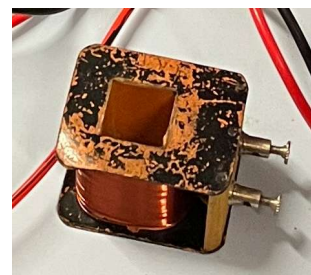
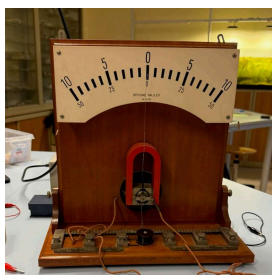
Indice

1. INTRODUZIONE
2. LA BUSSOLA DI ØRSTED
Evidenza qualitativa del campo magnetico generato da una corrente
3. DALLA BUSSOLA AL MAGNETOMETRO
Misura quantitativa del campo magnetico
4. TARATURA DEL GALVANOMETRO
Per lo studio delle correnti indotte
5. L'ESPERIMENTO DI FARADAY
Induzione elettromagnetica in una bobina
6. L'ESPERIMENTO DI FARADAY CON DUE BOBINE ACCOPPIATE
Intensità del campo e corrente indotta
7. DALLA FISICA AL GIOCO
Un joystick elettromagnetico per il controllo di un videogioco
8. CONCLUSIONI
9. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

1. Introduzione

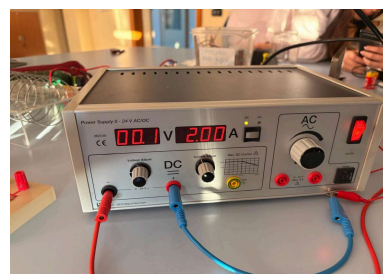
Curiosando negli armadi del laboratorio di fisica della nostra scuola abbiamo rinvenuto parte della strumentazione utilizzata in alcuni esperimenti storici: un galvanometro (Officine Galileo, n° 214736), un conduttore contrassegnato dall'etichetta "Ørsted", alcune spire, due delle quali collegate tramite un nucleo metallico, e una spira progettata per essere attraversata da un magnete. Questi strumenti, oggi raramente utilizzati nella didattica quotidiana, hanno rappresentato il punto di partenza del nostro progetto e ci hanno permesso di riflettere su come, nel tempo, l'uomo abbia indagato i fenomeni naturali attraverso strumenti sempre diversi.

A partire da questo materiale abbiamo ricostruito il contesto storico e scientifico in cui operavano Ørsted e Faraday, scoprendo come i loro esperimenti abbiano messo in relazione due ambiti della fisica che fino ad allora erano considerati separati: elettricità e magnetismo. Ørsted dimostrò che una corrente elettrica genera un campo magnetico, mentre Faraday evidenziò come un campo magnetico variabile possa produrre effetti elettrici, aprendo la strada alla comprensione unitaria dei fenomeni elettromagnetici.

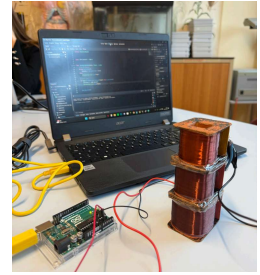


Il progetto si propone di ripercorrere questi esperimenti fondamentali utilizzando, in una prima fase, strumenti analoghi a quelli storicamente disponibili, privilegiando l'osservazione diretta e qualitativa dei fenomeni. Questa scelta ci ha permesso di comprendere il ruolo centrale dell'ingegno sperimentale e dell'interpretazione dei dati in un'epoca in cui le possibilità di misura erano limitate.

In una seconda fase abbiamo affiancato alla strumentazione storica gli strumenti moderni presenti in laboratorio, confrontando i risultati ottenuti e rendendo le osservazioni sempre più quantitative e precise. L'uso di strumenti digitali e sistemi di acquisizione dati ha consentito di approfondire l'analisi dei fenomeni e di verificare le relazioni fisiche in modo più rigoroso.



Infine, il progetto è stato arricchito dall'integrazione delle competenze di informatica, attraverso la progettazione di nuove modalità di misura e di rappresentazione dei dati. In questo modo, il percorso mette in dialogo strumenti del passato e tecnologie contemporanee, mostrando come l'evoluzione degli strumenti di indagine abbia ampliato la nostra capacità di comprendere i fenomeni naturali, pur mantenendo invariato il metodo scientifico alla base della ricerca.



Può una corrente produrre un campo magnetico?

Il legame tra una corrente elettrica e il magnetismo è descritto dall'elettromagnetismo, uno dei concetti fondamentali della fisica moderna. Questo ramo della fisica mostra come fenomeni che un tempo erano considerati separati siano in realtà profondamente connessi. Quando una corrente elettrica scorre all'interno di un conduttore, come un filo metallico, nello spazio circostante nasce un campo magnetico. La presenza di questo campo può essere verificata sperimentalmente, poiché esso è in grado di esercitare forze su magneti o su altri conduttori attraversati da corrente. Non si tratta quindi di un effetto astratto, ma di un fenomeno fisico reale. All'inizio dell'Ottocento, gli scienziati iniziarono a studiare con maggiore attenzione il rapporto tra elettricità e magnetismo. Un'osservazione importante fu quella del fisico danese Hans Christian Ørsted, che notò come l'ago di una bussola si spostasse se avvicinato a un filo percorso da corrente elettrica. Questo esperimento mostrò per la prima volta che una corrente può produrre effetti magnetici.

2. La bussola di Ørsted

Evidenza qualitativa del campo magnetico generato da una corrente

Scopo

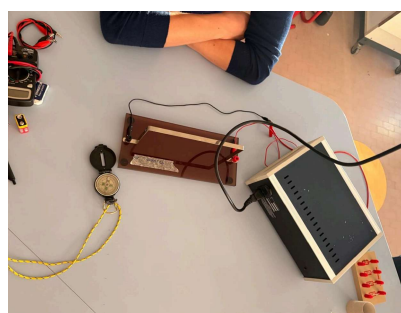
Lo scopo del primo esperimento è quello di riprodurre l'esperimento di Ørsted per verificare sperimentalmente se una corrente elettrica che attraversa un conduttore genera un campo magnetico, osservandone l'effetto su una bussola.

Materiale utilizzato

Una batteria da 9,5 V, una bussola, cartellone, righello, matita, connettori, multimetro digitale.

Procedimento

In una prima fase abbiamo misurato con il multimetro la differenza di potenziale fornita dalla batteria, al fine di determinare il valore effettivo. La misura ha restituito un valore di 9 V, inferiore al valore nominale di 9,5 V, poiché sotto carico la tensione tende a diminuire. Successivamente abbiamo predisposto un cartellone con una scala graduata, che ci ha permesso di posizionare la bussola a distanze note dal conduttore e di rilevare lo spostamento dell'ago. La bussola è stata collocata in diverse posizioni e, in assenza di corrente, è stata registrata la direzione iniziale dell'ago come riferimento. Abbiamo quindi collegato la batteria in serie a un multimetro impostato per la misura della corrente e al conduttore. La misura della corrente è stata utilizzata esclusivamente per verificare il corretto funzionamento dell'apparato sperimentale; una volta effettuato il controllo, il multimetro è stato rimosso e la batteria collegata direttamente al conduttore. Infine, mantenendo invariate le posizioni della bussola, abbiamo ripetuto le osservazioni e registrato le variazioni nella direzione dell'ago dovute al passaggio della corrente nel conduttore.



Dati raccolti (vedi Allegato 1)

Analisi dei dati

L'ago della bussola cambia di posizione quando il conduttore viene percorso da corrente indicando la presenza di un campo magnetico. Tuttavia il movimento dell'ago non è preciso e non ci permette di fare misurazioni quantitative rilevanti. Abbiamo inoltre osservato che se ci posizioniamo centralmente rispetto al conduttore l'ago si muove meno ma in maniera più coerente, mentre se ci poniamo lateralmente il movimento è più pronunciato ma apparentemente non regolare.



Conclusioni

La strumentazione utilizzata non ci permette di fare misurazioni quantitative, ovvero, non possiamo modificare la corrente che attraversa il conduttore né misurare come varia il campo magnetico con la distanza della bussola da quest'ultimo. Possiamo fare delle

osservazioni qualitative e, in particolare, provare a giustificare il comportamento della bussola quando ci si sposta dal centro del conduttore. La diversa deviazione dell'ago della bussola, nelle posizioni laterale e centrale, è dovuta alla differente orientazione del campo magnetico generato dal filo rispetto al campo magnetico terrestre. In alcune configurazioni i due campi si sommano o si sottraggono vettorialmente in modo più evidente, producendo una deviazione maggiore e più irregolare dell'ago.

3. Dalla bussola al magnetometro

Misura quantitativa del campo magnetico

Scopo

Lo scopo del secondo esperimento è quello di verificare sperimentalmente se una corrente elettrica che attraversa un conduttore genera un campo magnetico, misurando il campo magnetico prodotto con un magnetometro.

Riprodurre l'esperimento di Ørsted utilizzando un generatore di tensione variabile e un magnetometro, per analizzare l'andamento del campo magnetico in funzione della distanza dal conduttore e al variare della corrente che attraversa il conduttore.

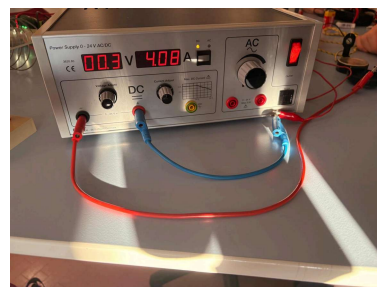


Materiale utilizzato

Un generatore di tensione (portata 24 V, sensibilità 0,01 V), un magnetometro portata (portata 99 μ T, sensibilità 0,01 μ T), cartellone e righello, connettori, cavi e multimetro digitale, conduttore rettilineo.

Procedimento

Abbiamo predisposto un cartellone con una scala graduata che ci ha permesso di posizionare il magnetometro a distanze note dal conduttore e di tenere sotto controllo il rumore di fondo. Il magnetometro è stato collocato in diverse posizioni e, in assenza di corrente nel filo, il campo magnetico è stato azzerato, in modo da misurare esclusivamente il contributo prodotto dal conduttore percorso da corrente. Successivamente abbiamo collegato il generatore di tensione in serie al multimetro, impostato per la misura della corrente, e al conduttore. Poiché in questo caso l'obiettivo era effettuare misurazioni quantitative, il multimetro è rimasto collegato per tutta la durata dell'esperimento, così da poter registrare il valore della corrente che attraversava il filo. Abbiamo mantenuto la corrente costante e misurato il campo magnetico a distanze crescenti dal conduttore. Analizzati i risultati di questa prima parte, per migliorare l'esperimento, abbiamo effettuato le misure del campo magnetico al variare della corrente in due condizioni: con la geometria precedente e con il magnetometro più distante dal generatore e cavi più corti e paralleli tra loro, per ridurre l'influenza dei campi parassiti.



Abbiamo misurato il campo magnetico al variare della corrente per due distanze prefissate dal conduttore (10 cm e 35 cm).

Dati raccolti

Per ogni posizione del magnetometro sono state effettuate dieci misurazioni del campo magnetico. Per ciascun insieme di misure abbiamo calcolato: il valore medio del campo magnetico; la semidispersione massima, assunta come errore assoluto sulla misura, in quanto sempre superiore alla sensibilità dello strumento, l'errore relativo percentuale.

Per ogni valore della corrente sono stati effettuati dieci rilievi del campo magnetico. Per ciascun insieme di misure abbiamo calcolato: il valore medio del campo magnetico; la

semidispersione massima, assunta come errore assoluto sulla misura, in quanto sempre superiore alla sensibilità dello strumento; l'errore relativo percentuale. In Allegato 2 le tabelle con i dati raccolti.

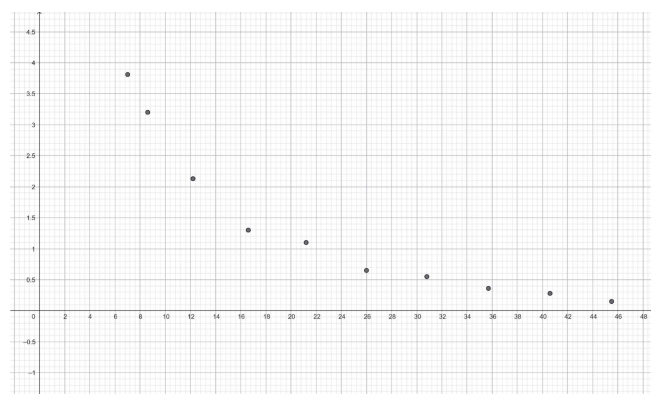
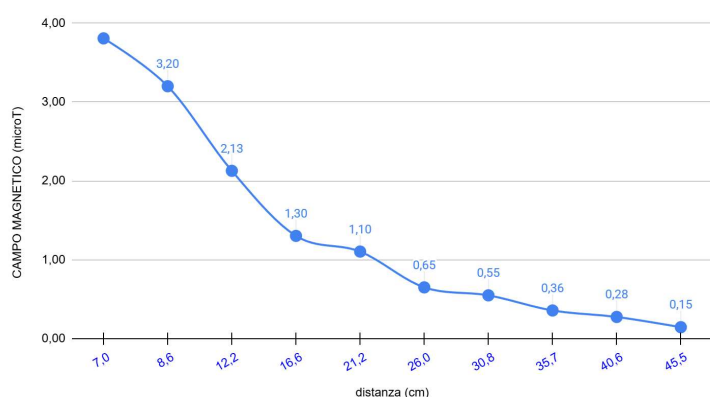
Analisi dei dati

Abbiamo costruito una tabella mettendo in relazione la distanza dal conduttore con il valore medio del campo magnetico misurato. Poiché il magnetometro era posto a una certa altezza dal suolo e il filo si trovava a un'altezza diversa, la distanza effettiva tra magnetometro e conduttore è stata calcolata applicando il teorema di Pitagora. Abbiamo graficato sia l'andamento del campo magnetico in funzione della distanza che l'andamento del campo magnetico in funzione del reciproco della distanza in modo da poter osservare un andamento lineare (retta). I grafici sono stati effettuati sia con excel che con geogebra.

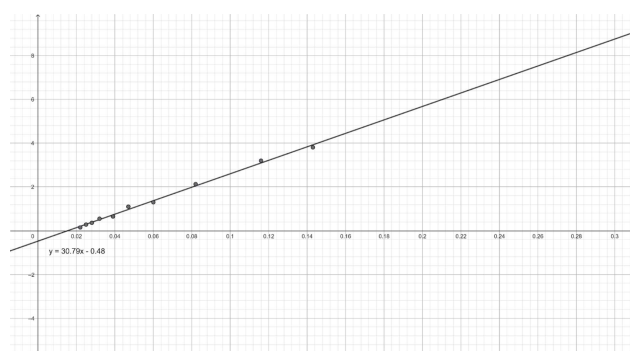
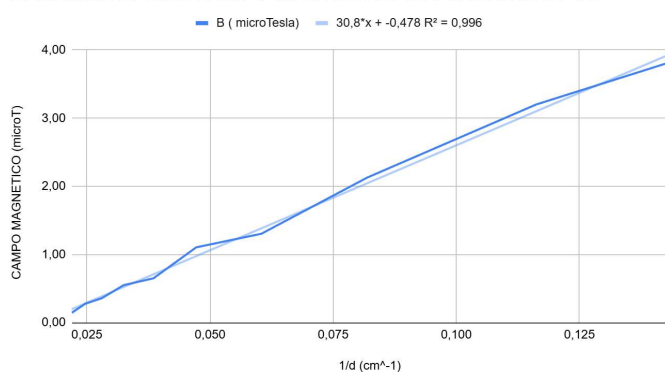
TABELLA CAMPO MAGNETICO IN FUNZIONE DELLA DISTANZA $i=0,5$ A altezza filo dal magnetometro = 7 cm

b (cm)	d (cm)	B (μ T)	semidispersione	1/d
0	7,0	3,81	0,09	0,143
5	8,6	3,20	0,05	0,116
10	12,2	2,13	0,07	0,082
15	16,6	1,30	0,04	0,060
20	21,2	1,10	0,02	0,047
25	26,0	0,65	0,03	0,039
30	30,8	0,55	0,02	0,032
35	35,7	0,36	0,02	0,028
40	40,6	0,28	0,05	0,025
45	45,5	0,15	0,02	0,022

ANDAMENTO DEL CAMPO MAGNETICO IN FUNZIONE DELLA DISTANZA



ANDAMENTO DEL CAMPO MAGNETICO IN FUNZIONE DI 1/D



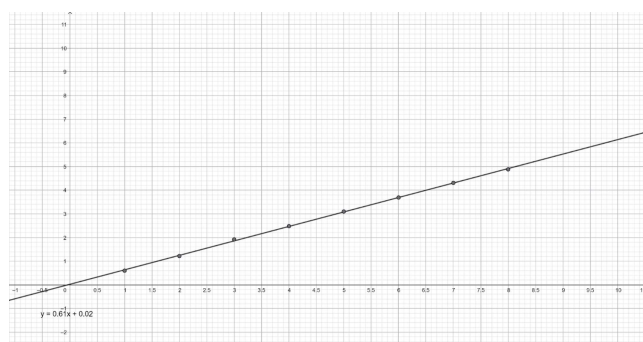
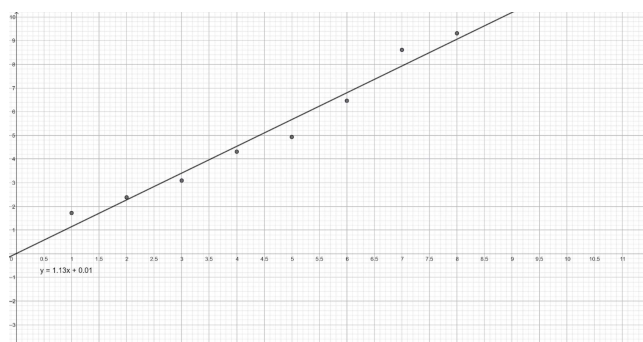
Abbiamo costruito una tabella mettendo in relazione la corrente con il valore medio del campo magnetico misurato alle due distanze. Abbiamo graficato l'andamento del campo magnetico in funzione della corrente. I grafici sono stati effettuati sia con excel che con geogebra.

Campo magnetico a 10 cm dal conduttore

I (A)	B (μ T)	semidispersione	errore relativo %	valore teorico (μ T)
1,0	1,72	0,09	5,23%	2,00
2,0	2,38	0,07	2,73%	4,00
3,0	3,09	0,07	2,10%	6,00
4,0	4,31	0,05	1,16%	8,00
5,0	4,93	0,04	0,81%	10,00
6,0	6,46	0,07	1,16%	12,00
7,0	8,61	0,10	1,16%	14,00
8,0	9,31	0,05	0,54%	16,00

Campo magnetico a 35 cm dal conduttore

I (A)	B (μ T)	semidispersione	errore relativo %	valore teorico (μ T)
1,0	0,60	0,05	7,48%	0,57
2,0	1,22	0,03	2,04%	1,14
3,0	1,92	0,03	1,56%	1,71
4,0	2,48	0,03	1,21%	2,29
5,0	3,10	0,02	0,65%	2,86
6,0	3,69	0,02	0,68%	3,43
7,0	4,31	0,05	1,16%	4,00
8,0	4,88	0,03	0,51%	4,57



Conclusioni

Dall'analisi complessiva dei dati sperimentali e dei grafici ottenuti emerge che il campo magnetico generato da un conduttore rettilineo percorso da corrente dipende sia dalla distanza dal filo sia dall'intensità della corrente che lo attraversa, in accordo qualitativo con il modello teorico descritto dalla legge di Biot-Savart. In particolare, il campo magnetico diminuisce all'aumentare della distanza dal conduttore; la rappresentazione del campo in funzione del reciproco della distanza mostra infatti un andamento approssimativamente lineare, come previsto per un filo rettilineo ideale. Analogamente, a distanza fissata, il campo magnetico aumenta all'aumentare della corrente, evidenziando una relazione di proporzionalità diretta tra le due grandezze. Dal punto di vista quantitativo, tuttavia, i valori sperimentali non riproducono in modo pienamente accurato le previsioni teoriche. Gli scostamenti osservati possono essere attribuiti a diverse cause sperimentali: la presenza di campi magnetici generati dal generatore di tensione e dai cavi di collegamento, la geometria non ideale del conduttore, il contributo del campo magnetico terrestre e i limiti di sensibilità

del magnetometro, in particolare alle distanze maggiori e per correnti più basse, dove il segnale misurato diventa comparabile al rumore di fondo. Il miglioramento dell'accordo tra dati sperimentali e valori teorici ottenuto riducendo la lunghezza dei cavi e allontanando il generatore conferma le nostre riflessioni sull'importanza del controllo delle condizioni sperimentali.

Se l'elettricità può creare magnetismo...il magnetismo può creare elettricità?

Dopo aver verificato sperimentalmente che una corrente elettrica genera un campo magnetico, il passo successivo del nostro percorso è stato dimostrare il fenomeno inverso: la possibilità di generare una corrente elettrica a partire da un campo magnetico variabile. Questo risultato, ottenuto per la prima volta da Michael Faraday nel 1831, rappresenta uno dei momenti fondanti della fisica dell'elettromagnetismo. L'esperimento di Faraday si basa sull'osservazione che una variazione del campo magnetico concatenato con un circuito induce una corrente elettrica nel circuito stesso. Per mettere in evidenza questo effetto, Faraday utilizzò una bobina collegata a un galvanometro, strumento in grado di rilevare correnti anche molto deboli, e un magnete permanente o una seconda bobina percorsa da corrente. Abbiamo quindi deciso di riprodurre l'esperimento di Faraday sia nella versione con la bobina e il magnete sia nella versione con la bobina primaria alimentata da un generatore di corrente e la bobina secondaria collegata al galvanometro. Prima di tutto però abbiamo tarato il galvanometro.

4. Taratura del Galvanometro

Per lo studio delle correnti indotte

Lo strumento

Il galvanometro che abbiamo rinvenuto in laboratorio riporta l'etichetta "OFFICINE GALILEO - N° 214736". Le Officine Galileo erano un'azienda italiana con sede a Firenze, molto attiva nella produzione di strumenti scientifici, ottici ed elettrotecnici tra fine Ottocento e metà Novecento.

E' probabile che lo strumento risalga agli anni 1920-1940.



Scopo

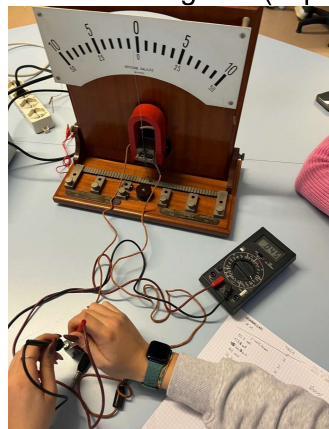
Lo scopo è tarare il galvanometro analogico associando a ciascuna tacca dello strumento il corrispondente valore di corrente elettrica, misurato tramite un multimetro digitale. In questo modo il galvanometro può essere utilizzato, non solo come indicatore qualitativo del passaggio di corrente, ma anche come strumento di misura quantitativa. Questo test ha inoltre l'obiettivo di comprendere il funzionamento del galvanometro, la sua sensibilità e l'ordine di grandezza delle correnti che lo attraversano.

Materiale utilizzato

Generatore di tensione continua regolabile, multimetro digitale (portata in corrente continua: 20 mA; sensibilità: 0,01 mA), galvanometro analogico, cavi e connettori.

Procedimento

È stato realizzato un circuito elettrico collegando in serie il generatore di tensione, il multimetro digitale (impostato per la misura della corrente continua) e il galvanometro. La



taratura è stata effettuata variando gradualmente la differenza di potenziale fornita dal generatore fino a portare l'ago del galvanometro in corrispondenza di una specifica tacca della scala graduata. Una volta raggiunta la tacca desiderata, è stato letto il valore della corrente indicato dal multimetro. L'operazione è stata ripetuta per ciascuna tacca del galvanometro, fino al fondo scala. Poiché il galvanometro è uno strumento estremamente sensibile, è risultato difficile posizionare l'ago esattamente sulla tacca desiderata; per questo motivo, per ogni tacca sono state effettuate quattro misurazioni indipendenti, al fine di ridurre l'incertezza sperimentale.

Dati raccolti (vedi Allegato 3)

Analisi dei dati

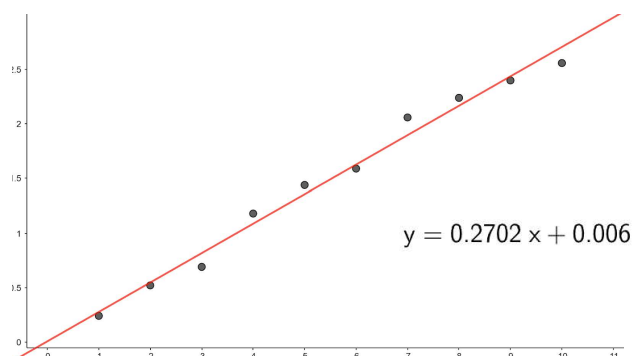
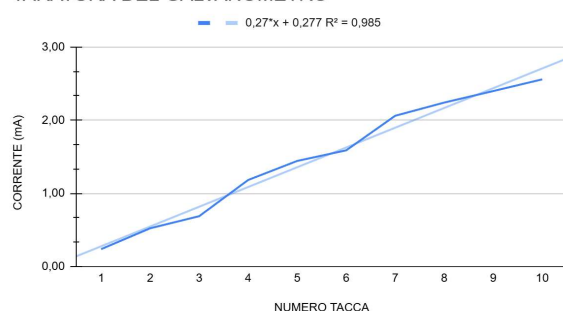
Per ciascuna tacca del galvanometro è stata calcolata: la media dei valori di corrente misurati; la deviazione standard, come indicatore della dispersione dei dati, la semidispersione, assunta come incertezza sulla misura poiché risulta in molti casi superiore alla sensibilità del multimetro; l'errore relativo percentuale, ottenuto dal rapporto tra

l'incertezza e il valore medio della corrente.

L'analisi mostra che l'errore relativo è maggiore per le prime tacche, dove le correnti sono più piccole, mentre diminuisce progressivamente all'aumentare della corrente. Questo comportamento è coerente con le caratteristiche degli strumenti analogici, che risultano meno affidabili nelle regioni prossime allo zero della scala.

NUMERO TACCA	MEDIA	DEVIAZIONE STANDARD	SEMIDISPERSIONE	ERRORE RELATIVO
1	0,24	0,03	0,03	11,59%
2	0,52	0,04	0,04	7,39%
3	0,69	0,03	0,04	4,34%
4	1,18	0,03	0,04	2,79%
5	1,44	0,03	0,04	2,29%
6	1,59	0,04	0,04	2,20%
7	2,06	0,04	0,05	1,90%
8	2,24	0,02	0,02	1,09%
9	2,40	0,05	0,05	2,08%
10	2,56	0,06	0,07	2,31%

TARATURA DEL GALVANOMETRO



Conclusioni

La taratura del galvanometro si è rivelata un'operazione sperimentale complessa. La principale difficoltà è stata la regolazione della differenza di potenziale necessaria a posizionare l'ago esattamente in corrispondenza delle tacche, a causa dell'elevata sensibilità dello strumento. Nonostante queste difficoltà, i risultati ottenuti sono complessivamente attendibili: le misure mostrano una buona coerenza tra loro e un errore relativo che diminuisce all'aumentare della corrente. Questo indica che il galvanometro risulta più affidabile per correnti medio-alte, mentre presenta maggiori incertezze per valori prossimi al limite inferiore della scala. Il test ha evidenziato come uno strumento analogico, pur essendo più difficile da utilizzare rispetto a uno digitale, possa essere estremamente sensibile e capace di rilevare variazioni di corrente che il multimetro non riesce a distinguere con la stessa immediatezza. La taratura ottenuta consente ora di utilizzare il galvanometro come strumento di misura approssimativa della corrente negli esperimenti successivi, in particolare nello studio dell'induzione elettromagnetica e nella riproduzione dell'esperimento di Faraday.

5. L'esperimento di Faraday

Induzione elettromagnetica in una bobina

Scopo

Riprodurre l'esperimento di Faraday e verificare che un campo magnetico può produrre corrente solo se varia nel tempo (attraverso il movimento di un magnete).

Materiale utilizzato

Bobina, multimetro digitale (portata in corrente continua: 20 mA; sensibilità: 0,01 mA), galvanometro analogico, cavi, connettori e magneti permanenti di diversa forma e intensità.

Procedimento

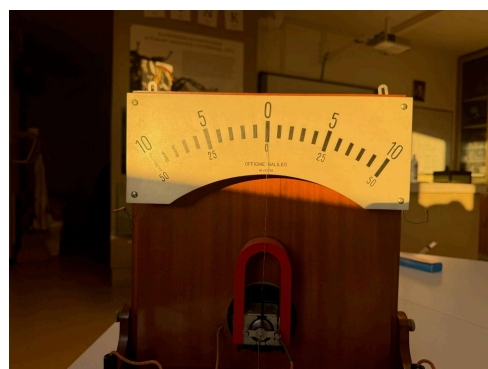
Abbiamo collegato in serie al galvanometro analogico la bobina. Abbiamo fatto passare attraverso la bobina un magnete permanente, variando la velocità di movimento (lento e veloce) e utilizzando magneti differenti per forma e intensità del campo magnetico. Durante l'esperimento abbiamo osservato il comportamento del galvanometro in diverse condizioni: magnete fermo, magnete in movimento lento e magnete in movimento rapido. Successivamente, abbiamo inserito in serie al circuito il multimetro digitale mantenendo invariata la configurazione sperimentale, per confrontare i due strumenti.

Osservazioni

	GALVANOMETRO	MULTIMETRO
MAGNETE FERMO	AGO FERMO	NESSUNA CORRENTE
MAGNETE IN MOVIMENTO LENTO	SPOSTAMENTO LEGGERO AGO	NESSUNA CORRENTE
MAGNETE IN MOVIMENTO VELOCE	SPOSTAMENTO VELOCE AGO	VALORI VARIANO VELOCEMENTE
MAGNETE IN AVVICINAMENTO E ALLONTANAMENTO	AGO SI SPOSTA PRIMA E DOPO LO ZERO	SI LEGGONO NUMERI SENZA SENSO

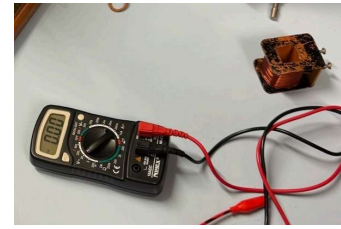
Utilizzando il galvanometro:

- Con il magnete fermo rispetto alla bobina, l'ago del galvanometro rimane in posizione zero, ovvero centrale: non si osserva alcuna corrente indotta.
- Muovendo lentamente il magnete, si osserva un lieve spostamento dell'ago, indice del passaggio di una corrente molto debole.
- Muovendo rapidamente il magnete, lo spostamento dell'ago diventa evidente, ma così rapido da non permettere una lettura quantitativa stabile.
- Avvicinando e allontanando velocemente il magnete dalla bobina, l'ago del galvanometro si sposta alternativamente in versi opposti rispetto allo zero, mostrando chiaramente l'inversione del verso della corrente indotta.



Utilizzando il multimetro:

- Con il magnete fermo non si rileva alcuna corrente.
- Durante il movimento lento del magnete non si rileva alcuna corrente.
- Durante il movimento rapido del magnete il multimetro indica valori di corrente che variano rapidamente e risultano difficili da interpretare.
- L'inversione del verso della corrente non viene rilevata in modo chiaro a causa del tempo di risposta dello strumento.



Conclusioni



Questo esperimento è solo qualitativo e dà la conferma che, muovendo il magnete, il campo magnetico che attraversa la bobina cambia nel tempo, inducendo corrente nella stessa che cambia verso a seconda che si avvicini o si allontani il magnete. L'intensità della corrente dipende da quanto velocemente si muove il magnete: maggiore è la velocità di movimento, maggiore è la corrente. Il galvanometro, pur non consentendo una misura numerica immediata della corrente, si rivela uno strumento estremamente sensibile e rapido nella risposta. È in grado di rilevare correnti molto deboli e di mostrare visivamente l'inversione del verso della corrente, risultando particolarmente adatto allo studio di fenomeni transitori e rapidi, come l'induzione

elettromagnetica. Il multimetro digitale, invece, è uno strumento più preciso e affidabile per misure quantitative stazionarie, ma presenta un tempo di risposta troppo lungo per cogliere variazioni di corrente rapide e di breve durata. In questo esperimento, tale limite rende difficile l'interpretazione dei dati e impedisce l'osservazione diretta dell'inversione del verso della corrente. L'esperimento evidenzia quindi che la scelta dello strumento di misura è strettamente legata al fenomeno da studiare: per fenomeni dinamici e transitori sono indispensabili strumenti con elevata sensibilità e rapidità di risposta, mentre per misure stazionarie e quantitative risultano più adatti strumenti digitali moderni.

6. L'esperimento di Faraday con due bobine accoppiate

Intensità del campo e corrente indotta

Scopo

Riprodurre l'esperimento di Faraday e verificare che un campo magnetico può produrre corrente solo se varia nel tempo (attraverso l'accensione e spegnimento di un circuito).

Materiale utilizzato

Due bobine accoppiate attraverso un nucleo ferromagnetico per amplificare il campo magnetico, generatore di corrente, multimetro digitale (portata in corrente continua: 20 mA; sensibilità: 0,01 mA), galvanometro analogico, cavi e connettori.

Procedimento

Abbiamo collegato la bobina primaria al generatore di corrente, mentre la bobina secondaria è stata collegata in serie al galvanometro analogico. Le due bobine erano accoppiate tramite un nucleo ferromagnetico, allo scopo di amplificare il campo magnetico concatenato con il circuito secondario. Durante l'esperimento abbiamo osservato il comportamento del galvanometro in diverse condizioni: corrente costante, accensione del generatore, spegnimento del generatore, variazione lenta della corrente nel tempo. Successivamente, abbiamo inserito in serie al circuito il multimetro digitale mantenendo invariata la configurazione sperimentale, per confrontare i due strumenti.

Dati raccolti e osservazioni

	GALVANOMETRO	MULTIMETRO
CORRENTE COSTANTE	AGO FERMO	NESSUNA CORRENTE
ACCENSIONE GENERATORE	SPOSTAMENTO AGO A DESTRA DELLO ZERO	CORRENTE CRESCE E DECRESCCE
SPEGNIMENTO GENERATORE	SPOSTAMENTO DELL'AGO A SINISTRA DELLO ZERO	CORRENTE NEGATIVA CRESCE E DECRESCCE
VARIAZIONE CORRENTE	AGO SI MUOVE	NESSUNA CORRENTE

La corrente nel circuito primario produce un campo magnetico, se la corrente del primario non varia, non varia il campo magnetico e quindi non si induce corrente nel secondario. Spegnendo e accendendo il generatore si varia repentinamente il campo magnetico e quindi la corrente generata viene letta da entrambi gli strumenti, se accendiamo il generatore il campo aumenta e la corrente è positiva, se spegniamo il generatore il campo diminuisce e quindi la corrente è negativa. Quando variamo la corrente il campo magnetico varia ma troppo lentamente perché il multimetro legga la corrente indotta che quindi sarà molto bassa, il galvanometro la riesce a leggere ma al di sotto della prima tacca quindi non riusciamo a darle un valore.

La legge che lega la corrente al campo magnetico, che non abbiamo ancora studiato ma che possiamo dedurre, sembra dipendere da quanto velocemente varia il campo magnetico e da quanto è intenso. Abbiamo avuto un'idea per provare a verificare se la nostra intuizione sia corretta. Abbiamo impostato la corrente del generatore a valori crescenti e accendendo e spegnendo il generatore abbiamo provato a leggere con il multimetro la massima corrente prodotta. E' un esperimento che presenterà errori molto grandi legati al nostro tempo di

reazione perché dobbiamo leggere il valore massimo. Per questo faremo varie misure e calcoliamo anche il campo magnetico prodotto in prossimità del circuito secondario utilizzando il magnetometro.

Scopo

Verificare se la corrente prodotta oltre alla velocità con cui varia il campo magnetico dipende anche dalla sua intensità.

Materiale utilizzato

Due bobine accoppiate tramite nucleo ferromagnetico, generatore di corrente, multimetro digitale (portata in corrente continua: 20 mA; sensibilità: 0,01 mA), galvanometro analogico, cavi e connettori, magnetometro (portata 99 microtesla, sensibilità 0,01 microtesla).

Procedimento

Abbiamo collegato in serie al galvanometro analogico la seconda bobina e quindi il multimetro digitale, mentre abbiamo collegato la prima al generatore di corrente. Abbiamo impostato correnti via via crescenti e ogni volta misurato il campo magnetico e quindi spento il generatore e misurato il massimo della corrente.

Dati raccolti (vedi Allegato 4)

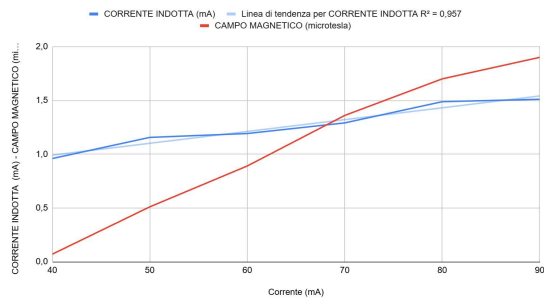
Analisi dei dati

CORRENTE CIRCUITO PRIMARIO (mA)	CAMPO MAGNETICO (μ T)	CORRENTE INDOTTA (mA)	ERRORE	ERRORE RELATIVO
40	0,07	0,96	0,15	15,24%
50	0,51	1,16	0,12	10,30%
60	0,89	1,19	0,15	12,37%
70	1,36	1,29	0,21	16,13%
80	1,7	1,49	0,23	15,28%
90	1,9	1,51	0,18	11,60%

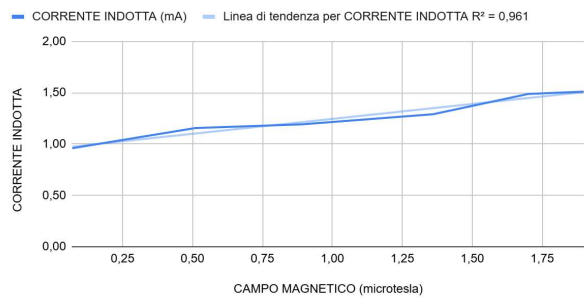
I dati mostrano che all'aumentare della corrente nel circuito primario aumenta il campo magnetico prodotto e, di conseguenza, cresce anche la corrente indotta nel circuito secondario. Gli errori relativi risultano elevati, principalmente a causa della velocità con cui la corrente aumentava e poi diminuiva e quindi della difficoltà di individuare il valore massimo con il multimetro.

Nonostante ciò, l'andamento complessivo dei dati evidenzia una chiara correlazione tra intensità del campo magnetico e corrente indotta come dimostrano i grafici seguenti.

CORRENTE INDOTTA E CAMPO MAGNETICO IN FUNZIONE DELLA CORRENTE



CORRENTE INDOTTA rispetto a CAMPO MAGNETICO (microtesla)



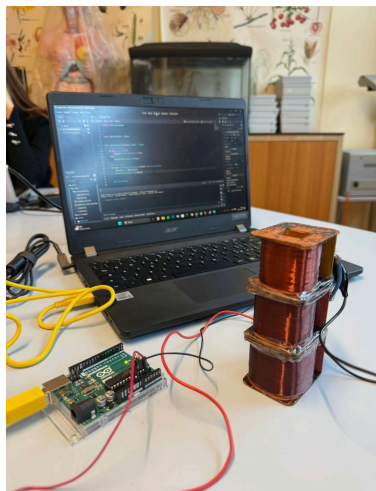
Conclusioni

Questo esperimento ha permesso di confermare sperimentalmente che la corrente elettrica può essere indotta in un circuito solo quando il campo magnetico concatenato varia nel tempo. Inoltre, i risultati indicano che l'intensità della corrente indotta dipende non solo dalla rapidità della variazione del campo magnetico, ma anche dalla sua intensità.

Il confronto tra galvanometro analogico e multimetro digitale ha messo in evidenza come strumenti storici, pur meno precisi dal punto di vista numerico, risultino più adatti allo studio di fenomeni transitori, grazie alla loro elevata sensibilità e alla risposta immediata. Al contrario, il multimetro digitale si dimostra efficace solo in presenza di correnti stazionarie o lentamente variabili.

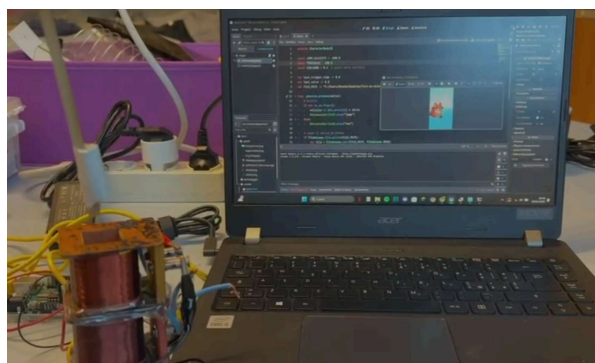
7. Dalla fisica al gioco

Un joystick elettromagnetico per il controllo di un videogioco



Una volta conclusa la parte qualitativa e quantitativa dell'esperienza, ci siamo dedicati alla fase creativa del progetto. La domanda a cui abbiamo cercato di rispondere è stata: *“Come rendere più coinvolgente lo studio di una materia che, a prima vista, sembra così difficile?”* Pensando ai nostri coetanei e al loro forte interesse verso il mondo dei videogiochi, abbiamo deciso di realizzarne uno utilizzando Godot. In particolare, osservando che il movimento di un magnete all'interno di una bobina produce una variazione di corrente, inizialmente di natura transitoria, abbiamo sfruttato questo fenomeno fisico per trasformare il segnale elettrico in un input di gioco attraverso Arduino e i suoi pin analogici. In questo modo, un concetto astratto come l'induzione elettromagnetica, diventa un'esperienza interattiva e concreta, capace di unire apprendimento e divertimento.

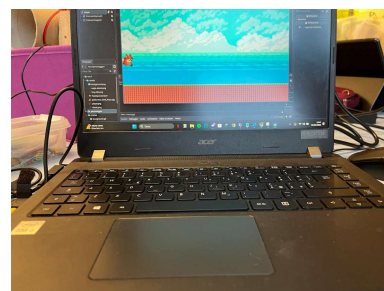
Nel progetto, Arduino, infatti, ha la funzione di voltmetro, permettendo di misurare la tensione indotta dalla variazione del campo magnetico. Per ottenere questo effetto abbiamo fissato alcuni piccoli magneti ad un bastoncino e li abbiamo fatti muovere all'interno delle bobine. Il valore analogico acquisito da Arduino viene trasformato in un valore numerico che rappresenta la tensione generata (vedi Allegato 5), successivamente utilizzato come comando di gioco.



Durante la realizzazione del videogioco abbiamo affrontato diverse difficoltà tecniche che abbiamo dovuto risolvere: come collegare la bobina (utilizzata come joystick) alla piattaforma hardware e software di Arduino, come ridurre l'influenza di correnti e disturbi esterni, come trasferire i dati rilevati a Godot in tempo reale.

Per fare da ponte tra Arduino e Godot abbiamo utilizzato Python. Attraverso uno script, Python legge i valori dalla porta seriale e li scrive continuamente in un file di testo denominato valore.txt che Godot può leggere in tempo reale per ricevere i comandi di gioco (vedi Allegato 6).

Una volta risolti questi problemi abbiamo iniziato con la programmazione vera e propria del videogioco. Lo sprite, il personaggio principale del videogioco, è una volpe che ha l'obiettivo di saltare degli ostacoli rappresentati da animali, ovvero rane ed aquile, in una ambientazione naturale e dinamica. Il salto viene attivato dal movimento dei magneti all'interno delle bobine, trasformando, così, un fenomeno fisico reale in un'azione digitale.



8. Conclusioni

Alla fine della nostra esperienza, possiamo affermare di essere riusciti a ricostruire, in modo sperimentale, il filo che lega le teorie dello scienziato danese Hans Ørsted a quelle di Michael Faraday, comprendendo come elettricità e magnetismo non siano fenomeni fisici separati ma, due facce della stessa medaglia: l'elettromagnetismo.

Partendo da alcuni strumenti storici: due bobine, un galvanometro e un conduttore, abbiamo inizialmente osservato i fenomeni in modo qualitativo e, solo successivamente, in modo quantitativo. L'esperimento iniziale della bussola, ci ha subito mostrato come una corrente elettrica genera un campo magnetico; l'uso del magnetometro ci ha permesso di capire anche quantitativamente la loro relazione, verificando la dipendenza del campo magnetico sia dalla distanza, che dall'intensità di corrente.

In un secondo momento, ricreando gli esperimenti di Faraday, siamo arrivati alla conclusione che non solo l'elettricità genera il magnetismo, ma anche che la variazione di campo magnetico può generare corrente elettrica (non è sufficiente la presenza di un campo magnetico stabile).

Un altro aspetto centrale del progetto è stato il confronto tra strumenti del passato e delle tecnologie odierne. Il galvanometro, pur meno preciso dal punto di vista numerico, si è rivelato, invece, molto utile per lo studio di fenomeni transitori. Il multimetro digitale e il magnetometro, invece, hanno consentito misure più quantitative e stabili. Abbiamo capito che la scelta dello strumento non è neutra, ma varia in base al contesto del fenomeno da studiare.

L'integrazione con l'informatica e la realizzazione di un videogioco, con Godot e Arduino, ha rappresentato la realizzazione concreta dei nostri studi: un fenomeno fisico è diventato input digitale e contenuto di svago. In questo modo concetti complessi possono essere resi maggiormente accessibili, e in maniera semplificata anche ai piccoli.

In conclusione, il nostro lavoro è stato un percorso di comprensione del metodo scientifico: osservazione, misura, raccolta paziente e scrupolosa dei dati, analisi degli errori e confronto tra modelli teorici e realtà (che non è sempre stato facile). Abbiamo capito che la scienza non è fatta solo di esperimenti, ma anche di analisi dettagliata, tentativi e miglioramento degli strumenti.

Partendo da pochi strumenti, trovati in un vecchio armadio nel nostro laboratorio scolastico, etichettati con la scritta Ørsted, si conclude il nostro viaggio nell'elettromagnetismo; fatto di tentativi, prove e sbagli.

È giunto, tuttavia, il momento di risistemare gli strumenti nell'attesa che un nuovo gruppo di studenti curiosi li scopra e possa condurre nuovi esperimenti. E con questo il dialogo, tra ieri ed oggi, continua con un domani.

9. Bibliografia e Sitografia

Cercatori di meraviglia: storie di grandi scienziati curiosi del mondo, Amedeo Balbi, Rizzoli, 2014

[IMA](#) cosa collega corrente e magnetismo

<https://gmpe.it> cosa collega corrente e magnetismo

<https://www.electricity-magnetism.org> cosa collega corrente e magnetismo

https://www.rigb.org/explore-science/explore/collection/michael-faradays-electric-magnetic-rotation-apparatus-motor?utm_source=chatgpt.com intuizioni e teorizzazioni di faraday

https://nationalmaglab.org/magnet-academy/history-of-electricity-magnetism/museum/faraday-motor-1821/?utm_source=chatgpt.com intuizioni e teorizzazioni di faraday

<http://itinerarivirtuali.musei.unipd.it/itinerario/la-fisica-tra-ottocento-e-novecento-negli-istituti-superiori-del-veneto/la-collezione-del-liceo-gb-brocchi-di-bassano-del-grappa/reperto/galvanometro-indice-variabile-con-milliamperometro> galvanometro

<https://play.inaf.it/forza-elettromotrice-arduino/> collegamento con arduino

<https://youtu.be/JBXYaAe2V-s?si=bSXS5hRn5nQaoxN7> tutorial Godot

ALLEGATO 1**DATI ESPERIMENTO: “La bussola di Ørsted”**

differenza di potenziale	corrente
9 V	23 mA

			POSIZIONE LATERALE RISPETTO AL CONDUTTORE	POSIZIONE CENTRALE RISPETTO AL CONDUTTORE
	<i>b (cm)</i>	<i>distanza (cm)</i>	<i>posizione ago rispetto ad assenza corrente</i>	<i>posizione ago rispetto ad assenza corrente</i>
1	0	7,0	spostato	molto spostato
2	5	8,6	spostato	molto spostato
3	10	12,2	spostato	spostato
4	15	16,6	spostato	spostato
5	20	21,2	spostato	spostato
6	25	26,0	spostato	spostato
7	30	30,8	non spostato	spostato
8	35	35,7	non spostato	spostato
9	40	40,6	non spostato	poco spostato
10	45	45,5	non spostato	poco spostato

ALLEGATO 2**DATI ESPERIMENTO: "Il magnetometro"**

Campo magnetico in funzione della distanza

d1 (cm)	B (microTesla)	d2 (cm)	B (microTesla)	d3 (cm)	B (microTesla)	d4 (cm)	B (microTesla)
7,0	3,81	8,6	3,25	12,2	2,15	16,6	1,27
	3,79		3,24		2,18		1,29
	3,85		3,2		2,1		1,3
	3,82		3,17		2,17		1,33
	3,81		3,14		2,14		1,27
	3,91		3,24		2,04		1,34
	3,75		3,21		2,1		1,29
	3,81		3,25		2,09		1,31
	3,74		3,17		2,17		1,33
	3,79		3,14		2,14		1,3
media	3,81	media	3,20	media	2,13	media	1,30
semidisper sione	0,09	semidisper sione	0,05	semidisper sione	0,07	semidisper sione	0,04
errore relativo %	2,23%	errore relativo %	1,72%	errore relativo %	3,29%	errore relativo %	2,69%

d5 (cm)	B (microTesla)	d6 (cm)	B (microTesla)	d7 (cm)	B (microTesla)	d8 (cm)	B (microTesla)
21,2	1,13	26,0	0,62	30,8	0,55	35,7	0,37
	1,12		0,67		0,54		0,36
	1,08		0,65		0,54		0,35
	1,09		0,67		0,53		0,36
	1,1		0,64		0,56		0,37
	1,11		0,65		0,57		0,34
	1,1		0,66		0,57		0,37
	1,12		0,67		0,56		0,36
	1,09		0,63		0,54		0,35
	1,1		0,64		0,53		0,34
media	1,10	media	0,65	media	0,55	media	0,36
semidisper sione	0,02	semidisper sione	0,03	semidisper sione	0,02	semidisper sione	0,02
errore relativo %	2,26%	errore relativo %	3,85%	errore relativo %	3,64%	errore relativo %	4,20%

d9	B (microTesla)	d10	B (microTesla)
40,6	0,27	45,5	0,16
	0,28		0,15
	0,29		0,14
	0,27		0,14
	0,3		0,15
	0,3		0,13
	0,29		0,13
	0,27		0,14
	0,28		0,16
	0,2		0,15
media	0,28	media	0,15
semidispersione	0,05	semidispersione	0,02
errore relativo %	18,18%	errore relativo %	10,34%

Campo magnetico al variare della corrente ad una distanza di 10cm dal conduttore

i1	B (microTesla)	i2	B(microTesla)	i3	B (microTesla)	i 4	B (microTesla)
1A	1,70	2A	2,44	3 A	3,06	4 A	4,30
	1,74		2,37		3,13		4,31
	1,67		2,35		3,14		4,25
	1,73		2,40		3,05		4,30
	1,78		2,31		3,01		4,34
	1,77		2,35		3,07		4,35
	1,75		2,38		3,14		4,30
	1,76		2,38		3,11		4,35
	1,72		2,39		3,12		4,25
	1,60		2,40		3,11		4,30
media	1,72	media	2,38	media	3,09	media	4,31
semidisper sione	0,09	semidisper sione	0,07	semidisper sione	0,07	semidisper sione	0,05
errore relativo %	5,23%	errore relativo %	2,73%	errore relativo %	2,10%	errore relativo %	1,16%

i 5	B (microTesla)	i 6	B (microTesla)	i 7	B (microTesla)	i 8	B (microTesla)
5A	4,92	6 A	6,45	7 A	8,60	8 A	9,30
	4,93		6,47		8,62		9,31
	4,91		6,38		8,50		9,25
	4,90		6,45		8,60		9,30
	4,89		6,51		8,68		9,34
	4,92		6,53		8,70		9,35
	4,96		6,45		8,60		9,30
	4,97		6,53		8,70		9,35
	4,91		6,38		8,50		9,25
	4,95		6,45		8,60		9,30
media	4,93	media	6,46	media	8,61	media	9,31
semidisper sione	0,04	semidisper sione	0,07	semidisper sione	0,10	semidispe rsione	0,05
errore relativo %	0,81%	errore relativo %	1,16%	errore relativo %	1,16%	errore relativo %	0,54%

Campo magnetico al variare della corrente ad una distanza di 35 cm dal conduttore

i1	B (microTesla)	i2	B (microTesla)	i3	B (microTesla)	i 4	B (microTesla)
	0,61		1,20		1,90		2,50
	0,58		1,21		1,94		2,45
	0,60		1,22		1,93		2,48
	0,63		1,21		1,95		2,51
	0,58		1,24		1,94		2,46
	0,56		1,25		1,92		2,47
	0,57		1,21		1,90		2,49
	0,61		1,24		1,89		2,46
	0,63		1,23		1,91		2,48
	0,65		1,22		1,92		2,50
media	0,60	media	1,22	media	1,92	media	2,48
semidisper sione	0,05	semidispe rsione	0,03	semidisper sione	0,03	semidisper sione	0,03
errore relativo %	7,48%	errore relativo %	2,04%	errore relativo %	1,56%	errore relativo %	1,21%

i 5	B (microTesla)	i 6	B (microTesla)	i 7	B(microTesla)	i 8	B (microTesla)
	3,10		3,70		4,30		4,89
	3,11		3,71		4,31		4,86
	3,09		3,66		4,25		4,89
	3,10		3,67		4,30		4,90
	3,12		3,66		4,34		4,87
	3,12		3,68		4,35		4,85
	3,11		3,70		4,30		4,89
	3,08		3,71		4,35		4,88
	3,09		3,70		4,25		4,89
	3,08		3,70		4,30		4,90
media	3,10	media	3,69	media	4,31	media	4,88
semidisper sione	0,02	semidisper sione	0,02	semidisper sione	0,05	semidisper sione	0,03
errore relativo %	0,65%	errore relativo %	0,68%	errore relativo %	1,16%	errore relativo %	0,51%

ALLEGATO 3**DATI TEST: "taratura del galvanometro"**

	PRIMA MISURAZIONE	SECONDA MISURAZIONE	TERZA MISURAZIONE	QUARTA MISURAZIONE
NUMERO TACCA	CORRENTE LETTA (mA)	CORRENTE LETTA (mA)	CORRENTE LETTA (mA)	CORRENTE LETTA (mA)
1	0,21	0,27	0,25	0,22
2	0,5	0,55	0,56	0,48
3	0,68	0,72	0,7	0,65
4	1,16	1,23	1,18	1,16
5	1,44	1,45	1,48	1,4
6	1,57	1,63	1,6	1,55
7	2,05	2,1	2,08	2,01
8	2,22	2,27	2,25	2,22
9	2,35	2,45	2,43	2,36
10	2,5	2,63	2,58	2,52

ALLEGATO 4

DATI ESPERIMENTO: “Riproduzione dell’esperimento di Faraday con due bobine di cui una alimentata con generatore di corrente”

	CORRENTE PRIMARIO 40mA	CORRENTE PRIMARIO 50mA	CORRENTE PRIMARIO 60mA	CORRENTE PRIMARIO 70mA	CORRENTE PRIMARIO 80mA	CORRENTE PRIMARIO 90mA
NUMERO MISURA	CORRENTE SECONDARIO	CORRENTE SECONDARIO	CORRENTE SECONDARIO	CORRENTE SECONDARIO	CORRENTE SECONDARIO	CORRENTE SECONDARIO
1	1,067	1,098	1,487	1,357	1,793	1,22
2	1,084	1,115	1,102	1,054	1,445	1,448
3	1,0897	1,039	1,108	1,33	1,466	1,558
4	0,857	1,237	1,257	1,484	1,273	1,554
5	1,056	1,174	1,097	1,09	1,764	1,494
6	0,763	1,051	1,073	1,595	1,489	1,487
7	0,799	1,376	1,219	1,124	1,184	1,812
MEDIA	0,96	1,16	1,19	1,29	1,49	1,51
DEVIAZIONE STANDARD	0,15	0,12	0,15	0,21	0,23	0,18
SEMIDISPER SIONE	0,16	0,17	0,21	0,27	0,30	0,30

ALLEGATO 5

Arduino, misura la tensione indotta dalla bobina tramite il pin analogico A1

```
// Dichiarazione variabili
float bias = 0.0;
float vmax = 0.0;
// Soglia in millivolt oltre la quale consideriamo
// il segnale come "picco"
float soglia = 32.0;
bool inPicco = false;

void setup() {
    Serial.begin(9600);

    float somma = 0.0;
    for (int i = 0; i < 100; i++) {
        // Legge il valore analogico dal pin A1
        somma += analogRead(A1);
        delay(2); // pausa tra letture
    }
    // calcola la media delle 100 letture
    bias = somma / 100.0;
}

void loop() {
    // Legge il valore analogico corrente dal pin A1
    int lettura = analogRead(A1);
    // Converte la lettura in millivolt
    float v = (lettura - bias) * 5.0 / 1024.0 * 1000.0;

    // Rilevamento del picco (SOLO sopra 32 mV)
    // Se il valore assoluto supera la soglia
    // significa che siamo dentro un picco
    if (abs(v) >= soglia) {
        inPicco = true;
        // Aggiorna il valore massimo del picco
        if (abs(v) > vmax) {
            vmax = abs(v);
        }
    }
    else if (inPicco) {
        // Stampa il valore massimo del picco rilevato
        Serial.print("Picco massimo = ");
        Serial.print(vmax);
        Serial.println(" mV");
        vmax = 0.0;
        inPicco = false;
    }
    delay(5);
}
```


ALLEGATO 6

Python, legge i valori dalla porta seriale di Arduino e li scrive in un file di testo che Godot legge in tempo reale

```
import serial
import time
import os

# Configurazione porta e velocità di comunicazione
PORTA = "COM8"
BAUDRATE = 9600

# Percorso del file dove Python scrive i valori
FILE_PATH = r"C:\Users\Utente\Desktop\fire-on-scienze-2.0\valore.txt"

# Apriamo la seriale
ser = serial.Serial(PORTA, BAUDRATE)

print("Scrivo i valori in:", FILE_PATH)

while True:
    try:
        # Legge un valore dalla seriale Arduino
        valore = float(ser.readline().decode().strip())

        # Scrive il valore nel file
        with open(FILE_PATH, "w") as f:
            f.write(str(valore))

        # Stampa a video
        print(valore)

        time.sleep(0.01)

    except Exception as e:
        print("Errore:", e)
```