

**ESPERIMENTO 1**

Studio di ipotesi e modelli per il corretto calcolo della capacità di un consensatore variabile a piatti piani

**Abstract**

Nell’esperimento, si hanno due armature piane circolari di raggio R a distanza iniziale fissa di 1mm, caricate con un generatore di tensione. Il condensatore è a capacità variabile poichè una delle armature è fissata, mentre l’altra è libera di muoversi lungo un tratto rettilineo munito di scala metrica. Lo scopo misurare la capacità C e la differenza di potenziale sotto diverse ipotesi e modelli.

**Cenni Teorici**

**Capacità di un consensatore**

Se si applica una tensione elettrica alle armature di un condensatore, le cariche elettriche si separano e si genera un campo elettrico all'interno del dielettrico. L'armatura collegata al potenziale più alto si carica positivamente, mentre l’altra negativamente. Le cariche positive e negative disposte sulle 2 armature sono uguali in valore assoluto. Il rapporto della carica e del potenziale applicato, si definisce capacità C, misurato in Farad (F).

**Ipotesi 1: Il condensatore opera nel vuoto**

Le calatteristiche dielettriche dell’aria per campi elettrici netttamente inferori  a  sono molto simili a quelle del vuoto. Calcolato il campo elettrico massimo raggiunto all’interno del nostro condensatore, ci accorgiamo che  verifica ampiamente questa ipotesi. Per i successivi calcoli, trascureremo la costante dieletteica relativa considerandola pari a:

**Ipotesi 2: Il consensatore è piano**

La capacità di un condensatore con armature piane e parallele è proporzionale solo da parametri di tipo geometrico. La geometria locale di un condensatore piano ci permette di fare importanti semplificazioni per tutti i punti che sono lontani nal bordo. Si suppone di conseguenza che E sia costante in tutto il volume compreso tra i piatti.

Le seguenti formule avrebbero valenza globale nel caso studiassimo un condensatore a piatti infiniti.

**Apparato Sperimentale**

Immagine che contiene ingranaggio

Descrizione generata automaticamente

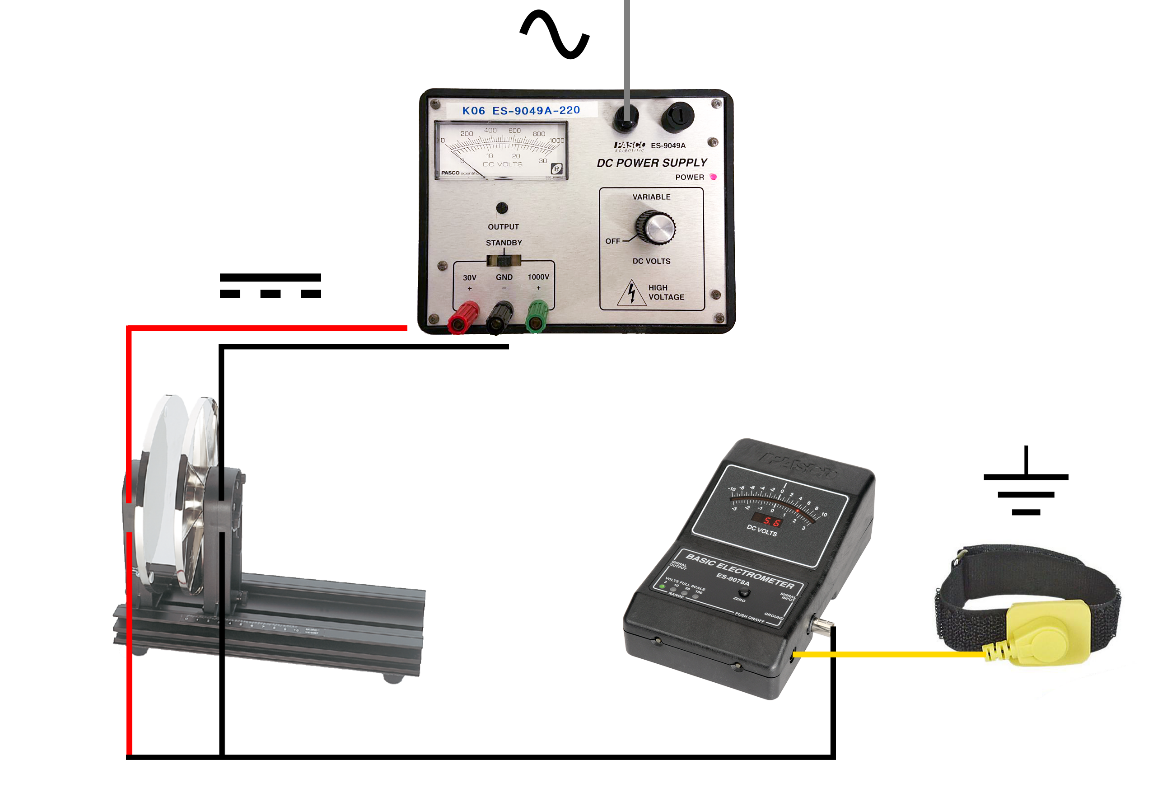
**Condensatore variabile**: formato da due armature (dischi) di raggio . Uno dei due dischi è libero di muoversi lungo un tratto rettilineo munito di scala metrica con sensibilità 1mm

**Generatore di tensione:** utilizzato per caricare le armature tramite un cavo con terminazione metallica biforcuta che verrà appoggiata all’armatura fissa prima di condurre le misurazioni. Tensione regolabile a piacere dello sperimentatore. Dispositivo analogico

**Voltmetro** **analogico:** utilizzato per misurare la differenza di potenziale fra le armature. Dispositivo Analogico. Impostabile su tre diversi fondi scala per effettuare misurazioni su virsei voltaggi

**Bracciale antistatico:** Importante per la sicurezza degli sperimentatori

In seguito riportiamo come le tre apparecchiature sono collegate

****

**Procedimento**

Per iniziare, abbiamo allontanato tutti gli oggetti che non interessavano l’esperimento perché non si disperdesse la carica e per evitare che qualche oggetto facesse scaricare a terra il nostro condensatore una volta caricato.

Abbiamo acceso il voltmetro e lo abbiamo collegato tramite morsetti agli estremi delle due armature del condensatore. Successivamente, abbiamo regolato il generatore di tensione a 10 V (corrente continua) collegandolo in modo simile al condensatore. Mentre i collegamenti tra voltmetro e condensatore sono rimasti invariati durante l’intera esperienza, quelli con il generatore di tensione cambiavano. Infatti chiudevamo il percorso solo per depositare la carica necessaria per riportare sul voltmetro il valore desiderato (10, 25, 20 V). Durante la fase di misurazione, il generatore non era più collegato, questo perché se fosse rimasto attaccato, avrebbe continuamente depositato nuova carica per mantenere voltaggio costante. Noi vogliamo studiare nun fenomeno diverso in non è costante il voltaggio, bensì la carica.

Si sono quindi rilevate grazie al voltmetro (opportunamente azzerato tramite funzione dello strumento) le differenze di potenziale in corrispondenza delle varie distanze a cui si portano le due piastre, muovendo quella semovente grazie allo scorsoio. Si portano le piastre dalla distanza di 1mm (condizione iniziale nella quale si svolgono tutte le operazioni precedenti) fino a 40mm, avendo premura di effettuare tutte le misure (in corrispondenza dei valori intermedi riportati nel grafico) nel minor tempo possibile, in modo tale da evitare che la carica depositata nelle piastre venga dispersa per contatto con l’aria. Purtroppo il giorno in cui si è condotta l’esperienza risultava particolarmente umido per via delle cattive condizioni meteo, fatto che favorisce la perdita di carica in quanto l’aria umida è un isolante peggiore rispetto a quella secca. Si è reiterato il processo di rilevamento in corrispondenza di voltaggio impostato al generatore di 15V e 20V.

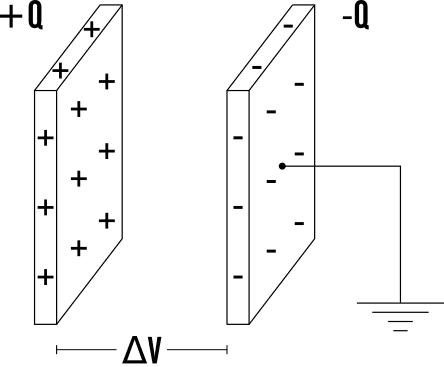
**A picture containing indoor, wall, electronics

Description automatically generated**

**Modelli Studiati**

**Modello 1: Condensatore a piatti infiniti**

La geometria infinita del condensatore ci mermette di ampliare la validita dell’ipotesi 2 globalmente. Assumiamo che i piatti di questo condensatore siano così grandi e vicini l’uno all’altro da poter trascurare l’effetto di bordo del campo elettrico alle estremità.

****

**Modello 2: Condensatore a piatti circolari finiti**

In questo modello consideriamo la geometria limitata del nostro condensatore e procediamo a calcolare il potenziale elettrico lungo l’asse di un disco carico uniformemente

Diagram

Description automatically generated

Il campo elettrico generato dalla carica dQ nel punto P è dato da:

Osserviamo che ogni tratto infinitesimo di corona genera un campo elettrico che è identico in modulo a quello generato dal tratto di corona diametralmente opposto. Data la geometria le due componenti verticali si annullano mentre le due componenti orizzontali si sommano per ogni coppia di punti oposti. Studiamo quindi solo la componene orizzontale:

Trovo il campo elettrico generato lungo l’asse integrando per una di distribuzione di anelli concentrici.

Dalla definizione si coseno segue che:

Ora possiamo scrivere la formula del campo elettrico generato dalla corona in P nel seguente modo:

Integrando da 0 a R otteniamo il campo elettrico generato lungo l’asse di un disco, essendoci due dischi in un condesatore, moltiplichiamo per due:

Integrando di nuovo possiamo trovare la differenza di potenziale a cavallo delle 2 armature:

Da qui ricaviamo la capacità:

**Chiarificazione:**

con intendiamo la distanza generica tra 2 punti disposti su 2 armature diverse, con indichiamo invece la distanza minore, ovvero la perpendicolare che unisce le armature.

**Modello 3: Capacità parassita**

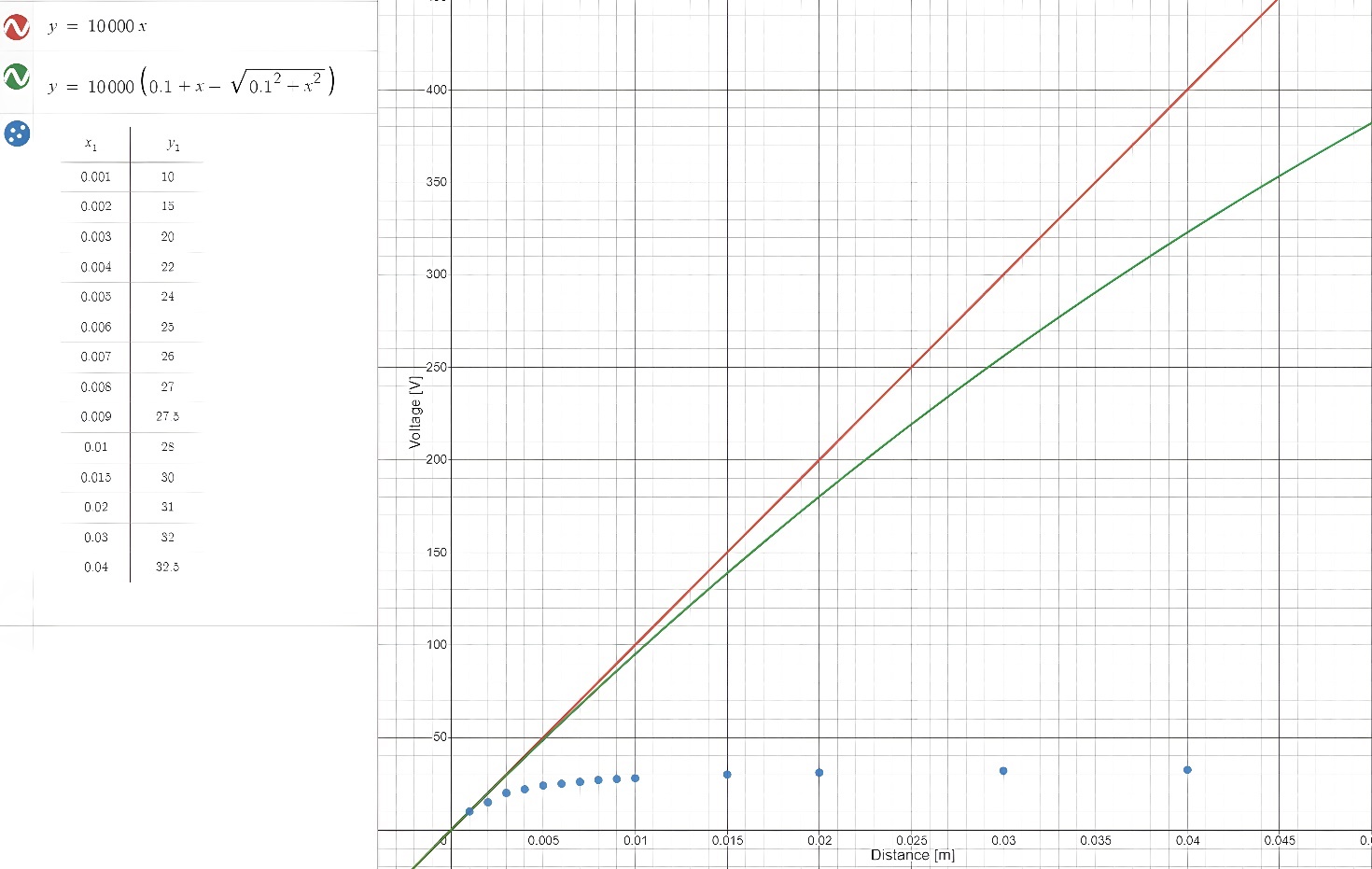
Dai dati notiamo che il volraggio del disco non ricalca perfettamente ciò che abbiamo ottenuto dai dati sperimentali. Per migliorare ulteriormente il modello ora teniamo anche conto della capacità parassita del voltmetro.

Procederemo quindi al calcolo della capacità paraassita che ci permetterà di rendere il nostro modello completamente compatibile con i dati sperimentali. Le capacità si sommano poiché in parallelo

**Risultati Sperimentali**

Dati e Grafici Interattivi possono essere trovati cliccando sopra i seguenti link:

[10 volt](https://www.desmos.com/calculator/oiitwmcjik) [15 volt](https://www.desmos.com/calculator/kzzdbjxhi7) [20 volt](https://www.desmos.com/calculator/agbq9bk9nm)



Riportiamo solo il grafico relativo alle misure con iniziale 10 V poiché tutti i 3 i grafici si assomigliano. Come possiamo notare i primi due modelli risultano insoddisfacenti per distanze maggiori di 5mm. Verso i 10mm notiamo invece che il poteziale elettrico tende a saturare, ovvero ragiungere un valore circa costante.

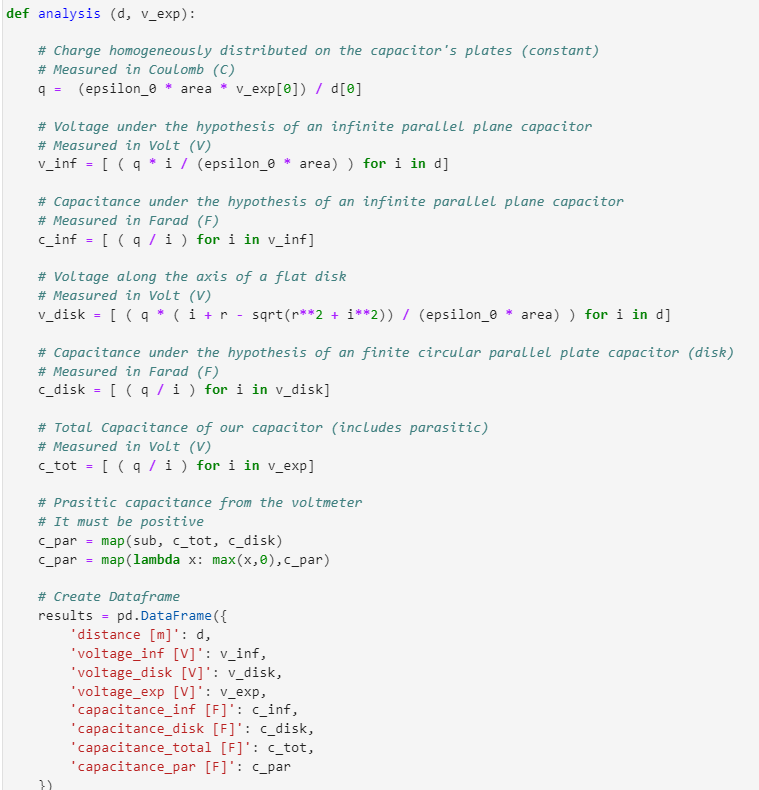
Table

Description automatically generated

Riteniamo che ogni ricercare debba avere la massima trasparenza su come analizzi i propri dati, perciò lasiciamo qua anche il seguente codice in python3 con il quale abbiamo calcolato in funzione della distanza il valore dei parametri che ci interessavano.

Come ci è stato consigliato dai tecnici di laboratorio, qualora nei nostri calcoli incontrassimo una capacità parassita negativa (come ci è successo nella misurazione ad 1mm) la considereremo nulla. Una capacià negativa non ha significato fisico per quello che a noi interesa.

Facendo la media delle 13 misurazioni della capacità parassita possiamo concludere che ha un valore di circa:



Più informazioni su come è stato scritto il codice sono diponibili cliccando [qui](https://github.com/Fylls/electromagnetism-experiment/blob/main/analysis.ipynb).

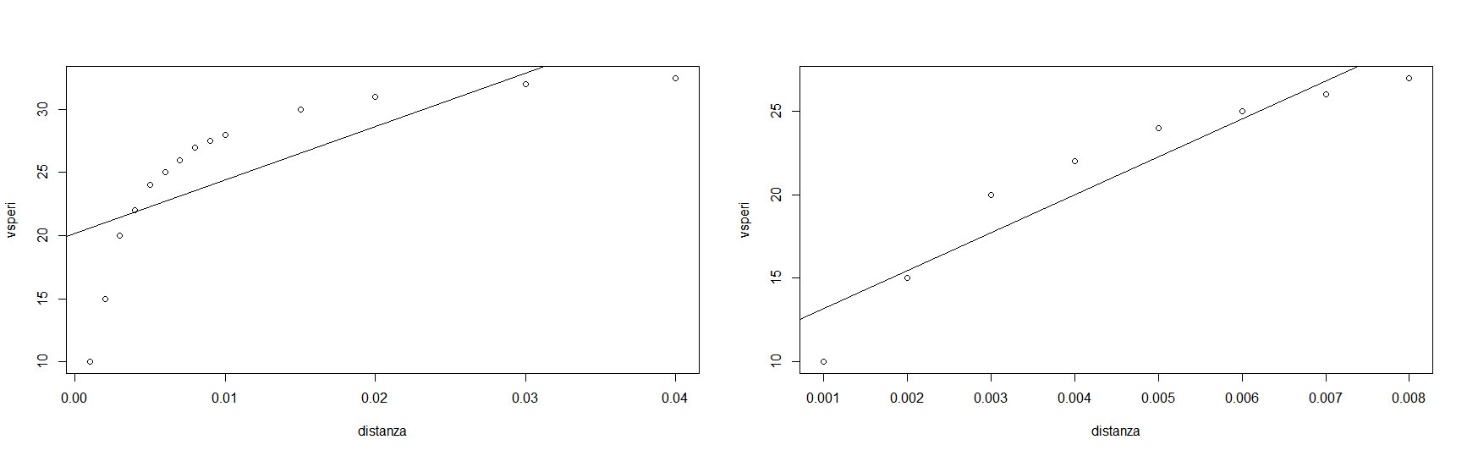
**Analisi Statistica**

**Regressioni Lineari**

Riportiamo solo il caso relativo alle misure con iniziale 10 V poiché tutti i 3 i casi si assomigliano. Le analisi anche degli altri casi possono essere trovati al seguente [link](https://github.com/Fylls/electromagnetism-experiment/tree/main/plots)

I modelli 1 e 2 inzialmente proposti dovrebbero approssimare per eccesso il nostro voltaggio, studiamo la relazione lineare che si avvicina di più a questi modelli cercando di ottimizzare la significatività dei predittori.

Regressione lineare usando prima tutti I dati. Modello raffinato in seguito usando solo i primi 8



Densità e QQplot per i residui. Pvalue del test di SW: 0.5627 - gaussianità non rifiutabile. Dal terzo grafico notiamo che i residui sono omoschedastici

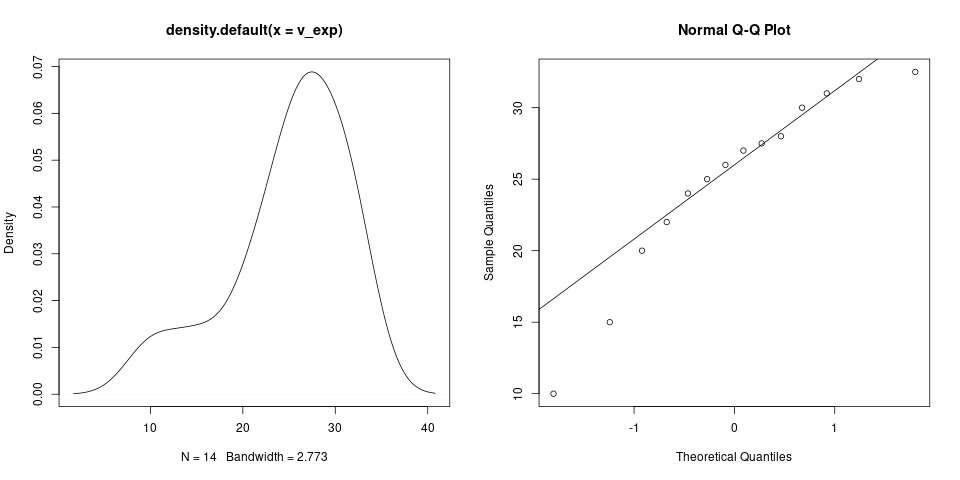
Chart

Description automatically generated

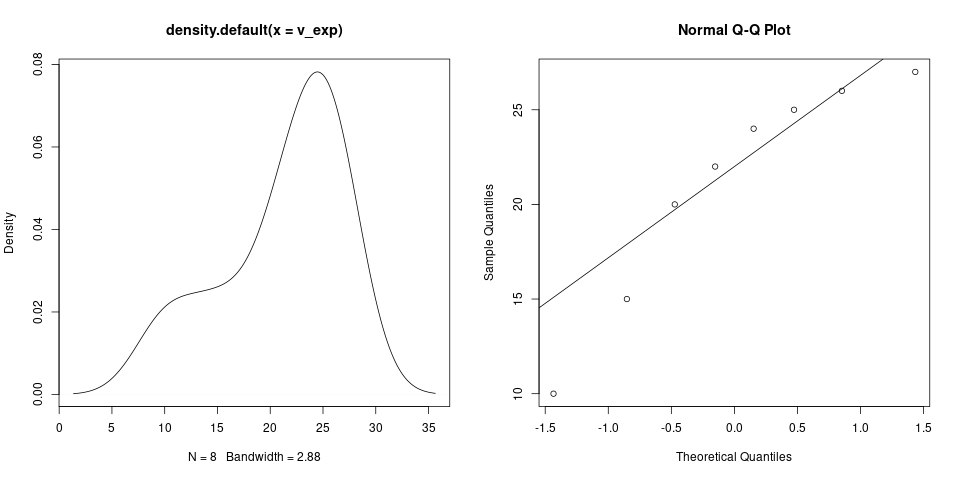
**Normalità dei campioni**

Studiando i QQ-plots notiamo che misurazioni da noi ottenute seguono un andamento normale, un seguente test di Shapiro-Wilks con un p-value di 0.159 ci porta ad accettuale la gaussianità dei campioni. È importante ricordare che il test di Shapiro-Wilks pone la gaussianità nella ipotesi nulla H0 questo significa che non possiamo affermare con forza la gaussianità dei nostri campioni, tuttavia non abbiamo nemmeno una forte evidenza per rifiutare questa potesi. Abbiamo dunque una conclusione che gli statisti chiamano “debole”. Non esitono test che concludono in modo forte la gaussianità di un campione aleatorio.

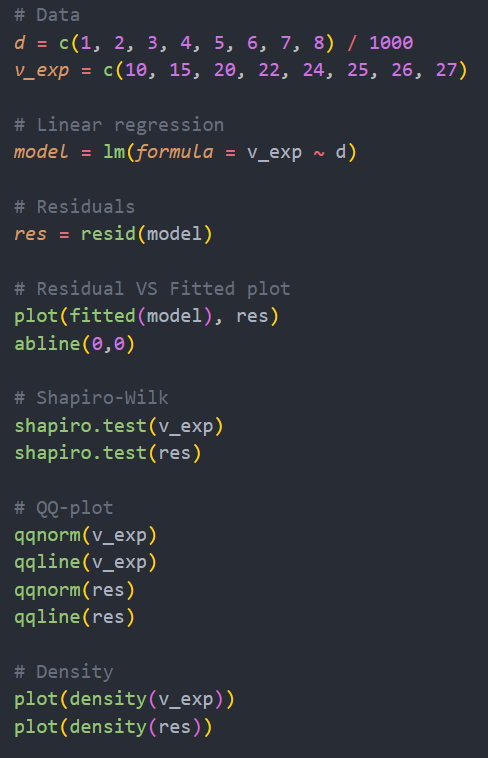
Densità e QQplot di tutti i dati sperimentali



Densità e QQplot per i primi 8 sperimentali (utilizzati nella regressione) Pvalue del test di SW: 0.2287 - gaussianità non rifiutabile



Anche in questo caso riteniamo doveroso lasciare il [codice](https://github.com/Fylls/electromagnetism-experiment/blob/main/statistics.r) R utilizzato per i nostri test statistici.



**Discussione**

**Conclusione**

**Riconoscimenti**

[**https://imgupscaler.com/**](https://imgupscaler.com/)

**desmos**

**github**

**python seaborn pandas matplotlib**

**r**

**matlab**

**excel**

**photoshop**

**pasco international**

VERIFICA SPERIMENTALE DELA LEGGE DI LAPLACE

**Abstract**

**L’obbiettivo di questi esperimento e`** ricavare il campo magnetico B generato dai magneti, forniti in ciascuna prova. Nel primo,

**Cenni Teorici**

**Legge di Laplace:**

Un filo rettilineo percorso da una corrente I ed immerso in un campo magnetico è soggetto alla forza con = l, con l lunghezza del conduttore e diretto come il filo e con verso uguale al verso in cui fluisce la corrente elettrica. Per sapere la direzione della forza, si applica la regola della mano destra.

𝐹⃗=𝑖𝑙⃗ × 𝐵⃗⃗

Nell’esperimento, si aveva un filo percorso da corrente di diverse lunghezze L ed esso veniva messo tra i poli di un magnete di massa m. A dipendenza del senso della corrente, si aveva una forza magnetica verso l’alto o verso il basso e ciò comportava ad un aumento (o “diminuzione”) di massa che misurava la bilancia, inizialmente tarata. |𝐹⃗|=𝑖𝑙𝐵𝑆𝑒𝑛(𝜃)

**Campo magnetico:**

il campo magnetico è un campo vettoriale solenoidale generato nello spazio, dal moto di una carica elettrica o da un campo elettrico variabile nel tempo. Si misura in Tesla [T].

**Cenni Teorici**

**Apparato Sperimentale**

**Procedimento**

**Risultati**

**Discussione**

**Conclusione**

**Riconoscimenti**

In questo esperimento vengono fatte le misure della forza di Lorenz mediante l’utilizzo della seconda formula di Laplace rendendo variabili ogni volta un solo parametro della formula

Intensità variabile:

In questo esperimento la lunghezza del circuito è di 4 cm e l’intensità di corrente è variabile da 1 a 4 ampere

Viene posizionato il magnete e viene misurata la variazione di peso in grammi, moltiplicata per l’accelerazione e divisa per mille abbiamo una misura della forza di Lorentz, interpolando i punti in un grafico notiamo subito una linearità, e infine ponendo i dati in R possiamo eseguire una regressione lineare per visualizzare il coefficiente angolare che ci darà la forza del magnete

Inoltre dalla regressione lineare vediamo che il modello funziona molto bene

Immagine che contiene testo

Descrizione generata automaticamente



In rosso ho segnato il coefficiente angolare ovvero l’intensità del campo magnetico B

dove theta sta per l’angolo compreso fra il verso di percorrenza della corrente, se si è stati attenti a posizionare il circuito perfettamente allineato l’angolo compreso sarà di 90°

Lunghezza variabile:

In questo esperimento la lunghezza è variabile e verranno utilizzati circuiti di diverse lunghezze

Con lunghezze di 10 20 30 40 60 80 mm

L’intensità invece rimane costante a 3 Ampere, che è una misura abbastanza alta per avere dei risultati visibili ma non ci mette in situazioni di pericolo

Immagine che contiene testo

Descrizione generata automaticamente



In questo caso il campo generato dal magnete risulta essere quello segnato in rosso

Angolo variabile:

in questo caso grazie uno speciale strumento possiamo variare l’angolo in modo preciso senza modificare la struttura del sistema

la lunghezza e l’intensità sono costanti a 3 ampere e 11 cm

Bisogna ricordarsi di fare la conversione da gradi a radianti

Immagine che contiene testo

Descrizione generata automaticamente



Quello segnato in rosso è il valore del campo

Bisogna notare che il valore è diverso dai due precedenti perché si utilizza un magnete differente per questa prova