

“If you want to find the secrets of the universe, think in terms of energy, frequency and vibration.”

**Nikola Tesla**

**Introduzione**

Nelle successive pagine tratteremo dell’esperienza di laboratorio effettuata sull’induzione elettromagnetica e sull’ottica, in particolare sulla mutua induzione, interferenza e diffrazione. Il lavoro si è svolto in una prima fase di raccolta dati e poi in una successiva analisi. Dopo aver chiarito gli scopi degli esperimenti basandoci sulle conoscenze apprese, abbiamo calcolato i parametri d’interesse (M nel primo esperimento, λ nel secondo) verificandone la coerenza con quelli ideali

**Indice**

**Experimento 1**

Cenni Teorici 3

Apparato Sperimentale 4

Procedimento 5

Modelli Fisici 6

Risultati 8

Analisi Statistica 10

**Experimento 2**

Cenni Teorici 3

Apparato Sperimentale 4

Procedimento 5

Modelli Fisici 6

Risultati 8

Analisi Statistica 10

**Ringraziamenti**  23

**Primo Experimento**

Calcolo della mutua induttanza tra due spire concatenate

**Abstract**

In queto esperimento si vuole calcolare il coefficiente di mutua induzione tra due spire. Esploreremo il femomeno dell’induzione elettromagnetica sia da un punto di vista qualitativo che quantitativo.

**Cenni Teorici**

**Legge di Biot-Savart**:

Permette di calcolare il campo magnetico generato da filo di geometria generica percorso da corrente.

**Flusso magnetico:**

integrale di superficie della componente normale del campo magnetico B.

**Mutua Induzione**:

Consideriamo due circuiti non collegati tra loro, se nel primo scorre una corrente variabile nel tempo allora per la legge di Faraday-Neuman-Lenz anche il flusso del campo magnetico all’interno secondo circuito sarà variabile e quindi si registrerà una forza elettromotrice indotta nel secondo circuito.

**Apparato Sperimentale**



**Spira1**: raggio di 105mm, 200 avvolgimenti. In questa spira circola la vorrente

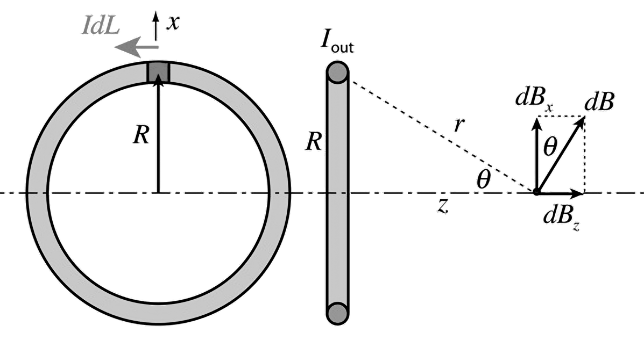
**Spira2:** raggio di 15mm, 2000 avvolgimenti. In questa spira verra indotta una forza elettromotrice

**Generatore AC:** utilizzato per far circolare la corrente desiderata all’interno della spira1

**Modelli Fisici**

**Modello 1: Teorico**

Vogliamo studiare l’intensità del campo magnetico lungo l’asse di una spira circolare percorsa da corrente*:*

Dalla definizione del seno otteniamo che:

Per otteniamo il campo al centro della spira:

*Integrando per l’intera circonferenza e moltiplicando per il numero di avvolgimenti otteniamo il suo valore:*

Essendo la corrente variabile, lo sarà anche il campo da lei generato (concatenato):

Siccome la corrente è variabile, questo origina una forma elettromotrice :

Raggruppiamo tutte le costanti in un unico parametro che chiametremo “coefficiente di mutua induzione”

**Modello 2: Sperimentale**

Confrontiamo l’andamento temporale di intensità di corrente e forza elettromotrice al variare del tempo:

Consideriamo solo la forza elettromotrice massima, da qui ritroviamo il nostro parametro d’interesse:

**Procedimento**

Si inizia preparando l’area di lavoro e aprendo il software necessario per il comunicare con I’oscilloscopio. prima di cominciare con l’esperimento è cosnigliato fare una parte qualitativa per prendere maggiore confidenza con il programma e il fenomeno dell’induzione elettomagnetica.

Osservando come varia la tensione e la tensione indotta al variare delle funzioni con cui viene modulata o della posizione del circuito secondario

Dopodiché è possibile muovere all’interno del circuito primario il circuito secondario, valutando quindi se il flusso di B è uniforme in tutto il circuito oppure varia in specifiche zone, oppure ruotandolo e vedere anch’esso come modifica la corrente indotta misurata.

Da questa prima analisi qualitativa è possibile osservare che la funzione scelta determina in che punto si svilupperanno i massimi e minimi della corrente indotta, inoltre ruotando di 90° è possibile notare che la corrente indotta si annulla, come suggerito dalla teoria, poiché le normali sono perpendicolari, così come una rotazione di 180° fa invertire il segno.

A differenza della teoria però il campo non è uniforme in tutto il circuito infatti avvicinandosi al bordo si nota che la tensione indotta aumenta, è bene quindi prestare molta attenzione durante l’esecuzione dell’esperimento di posizionare ben al centro la bobina affinché si prenda la condizione più simile al caso teorico.

Effettuata la parte qualitativa si può procedere con l’esperimento, fissando il circuito secondario al centro della bobina aiutandosi con supporti, di modo che rimanga nella stessa posizione per tutta la durata dell’esperimento.

In seguito dalla schermata del PC si sceglie la funzione sinusoidale, per una facilità di calcolo, e si imposta il selettore del voltaggio su 1, procedendo così con le misurazioni alle differenti frequenze, dai 10 ai 40 Hertz, terminato il primo gruppo di misurazioni si ripete il tutto con il selettore del voltaggio su 2.

La raccolta dei dati avviene mediante uno strumento del programma che permette di fermare a uno specifico frame e di visualizzare il valore posizionando il cursore del mouse nel punto della curva da misurare ovvero uno dei massimi della curva.

A seguito di una taratura della strumentazione applichiamo il seguente parametro correttvio

**A computer sits on top of a desk

Description automatically generated with medium confidence**

**Risultati**

**Primo set di misure**

Diagram

Description automatically generated with low confidence

**Secondo set di misure**

A picture containing table

Description automatically generated

In queste tabelle con “current max” intendiamo il valore massimo della corrente raggiunto nel primo circuito. Fisicamente noi misuriamo le tensioni, infatti riportiamo anche I risultati sperimentali di “voltage max”. Dopo una lunga e precisa taratura dell’oscilloscopio, siamo sicuro che 0.0506 sia il giusto fattore di conversione tra corrente e voltaggio all’interno del primo circuito

Il numero di dati raccolti purtroppo rende difficile fare una analisi dettagliata. Offriamo quindi due approcci per calcolare il coefficiente di mutua induzione, il primo si basa sul calcolo della media associata ad ogni set di misurazione, il secondo invece ad una regressione lineare univariabile. Confronteremo inseguito I due approcci per capire quale delle due analisi è più adatta ad un piccolo set di dati caratterizzati da grande incertezza sperimentale

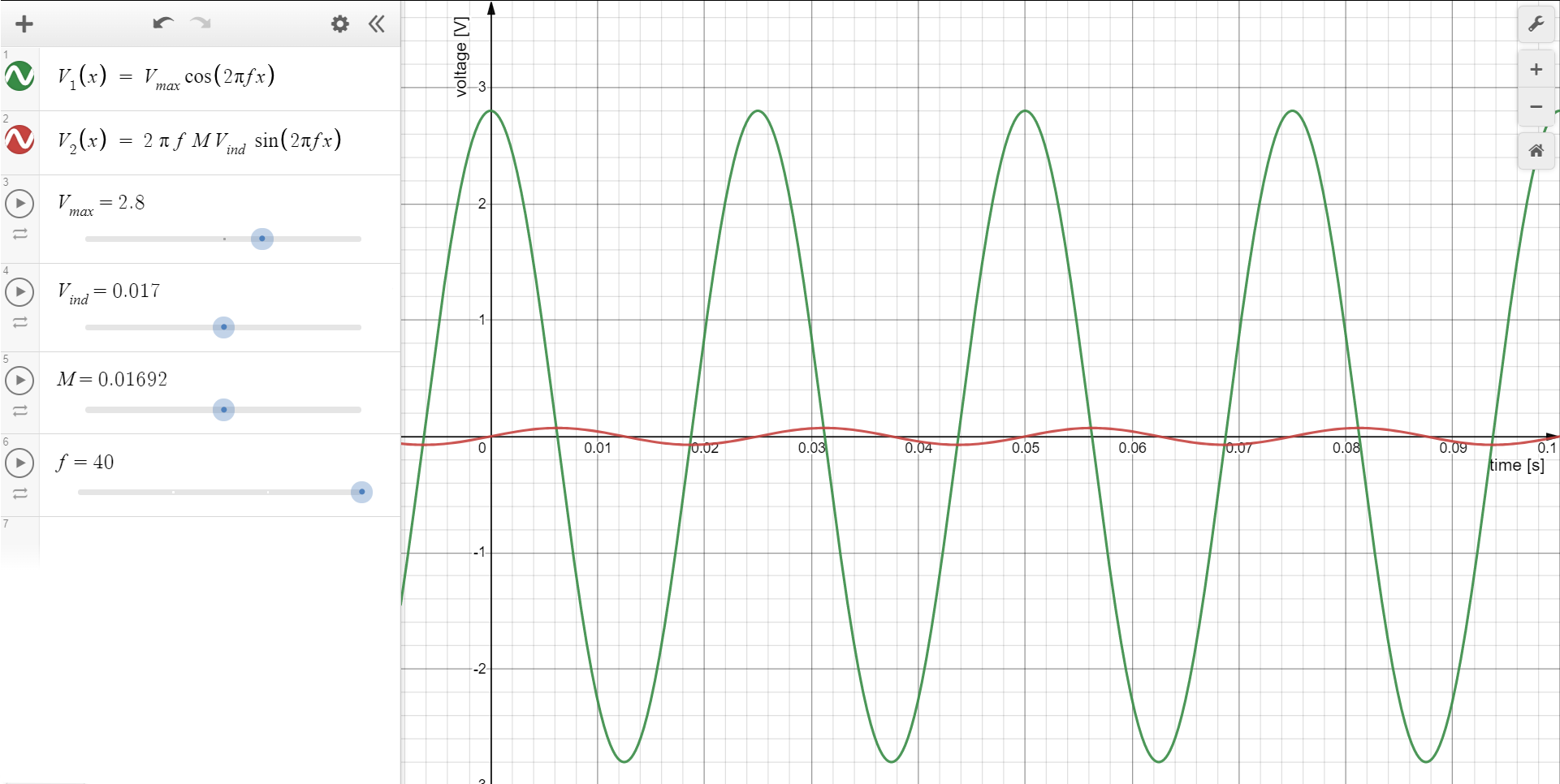
Come possiamo vedere dalle tabelle, se consideriamo le medie con le loro deviazioni standard, possiamo dire che I due valori sperimentali risulatano compatibili e abbastanza vicini a valore teorico.

Come da prassi, lasciamo il codice utilizzato per l’analisi dei nostri dati. Più informazioni al seguente link

Text

Description automatically generated

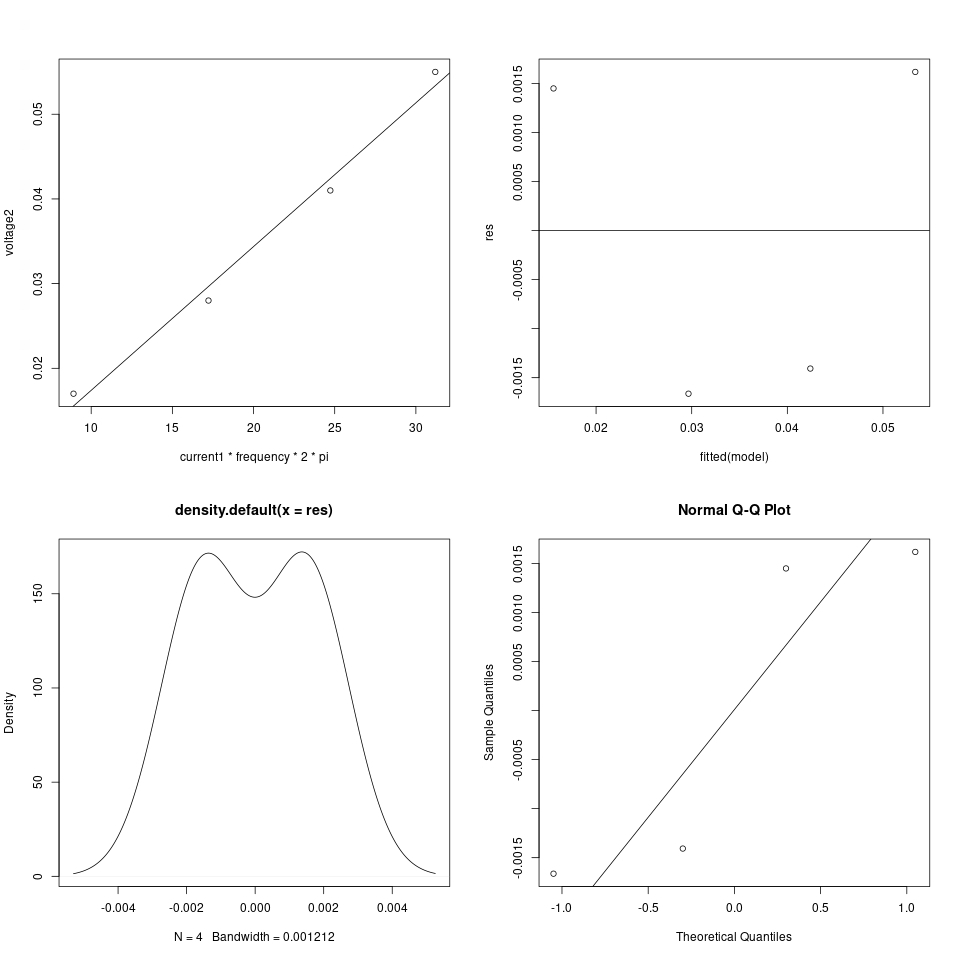
Cliccando sul seguente link invecesi può accedere ad una simulazione nell’esperimento. Consigliamo al lettrrore di giocare con gli slider per apprezzare come ogni parametro contribuisca a modificare l’onda



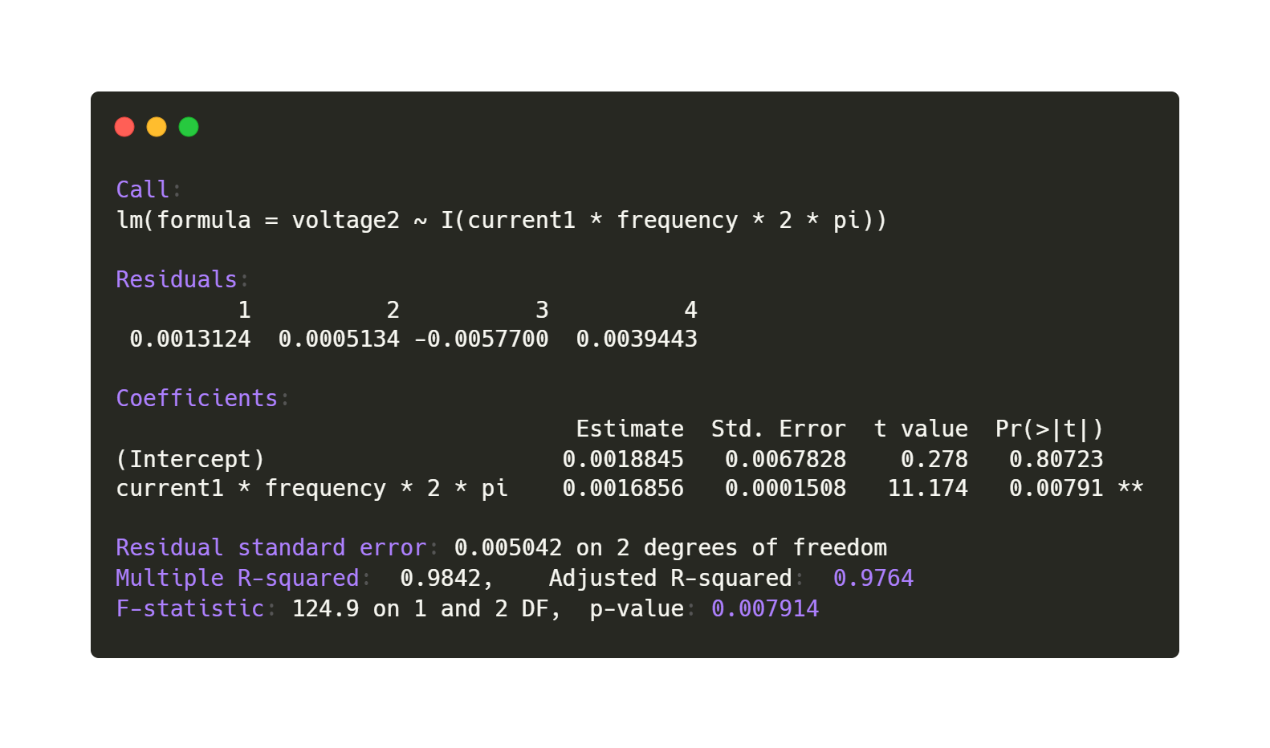
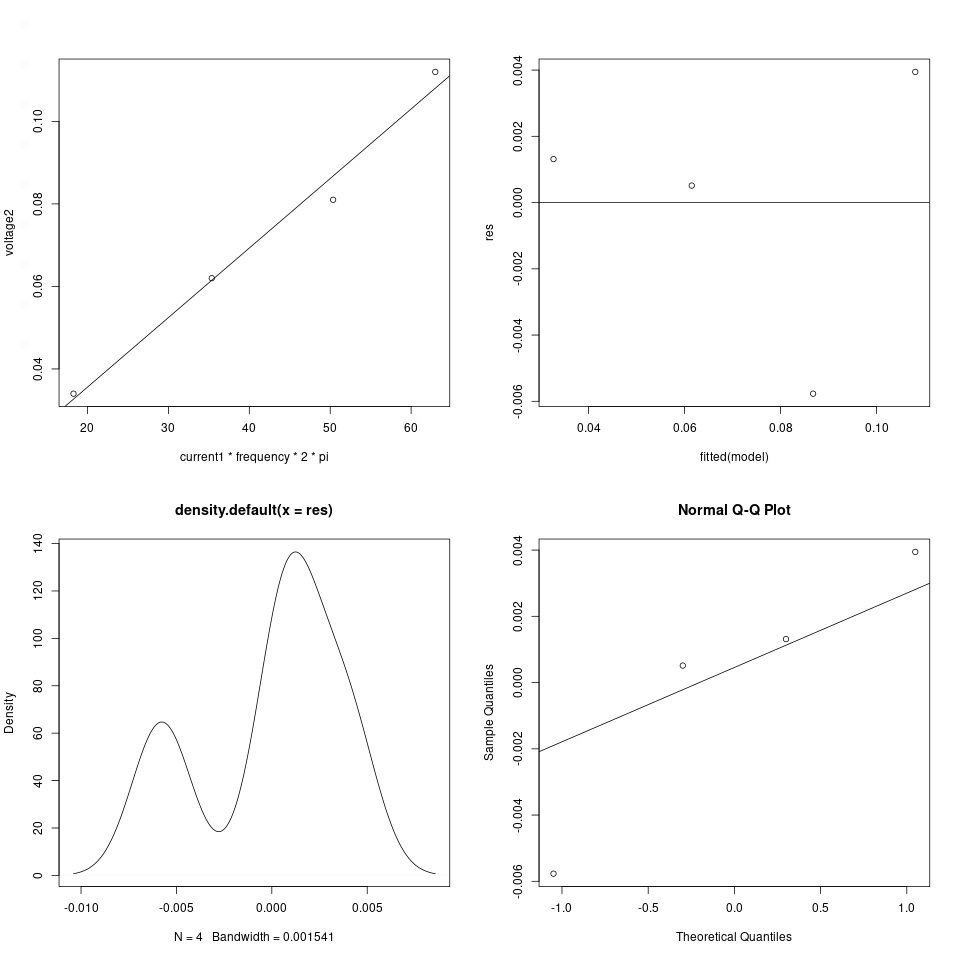
**Analisi Statistica**

**Regressione - Primo set di misure**

Text

Description automatically generated

**Regressione - Secondo set di misure**

****

I bassi p-value dell’F-test indicano che le due regressioni sono globalmente significative. I coefficienti di determinazione R2 e R2adj risultano soddisfacenti. Il modello spiega bene la varianza dei dati. La gaussianità di entrambi i residui non è rifiutabile considerando solo il p-value del test di Shapiro Wilks (0.4933 per il primo, 0.087 per il secondo) tuttavia, siccome sitiamo lavorando con un campione di n=4 dati non riusciamo ad otterene nessuna statistica utile.

I risultati della regressione si avvicinano più al caso teorico rispetto a quelli ottenuti dalla media

**Normalità dei campioni**

Consultando i QQplot e p-values dei test di Shapiro-Wilk (rispettivamente 0.9336, 0.9511, 0.8789, 0.998) siamo certi che sia i dati raccolti (“current1“) che i risultati ottenuti (“voltage2”) seguono un andamento normale.

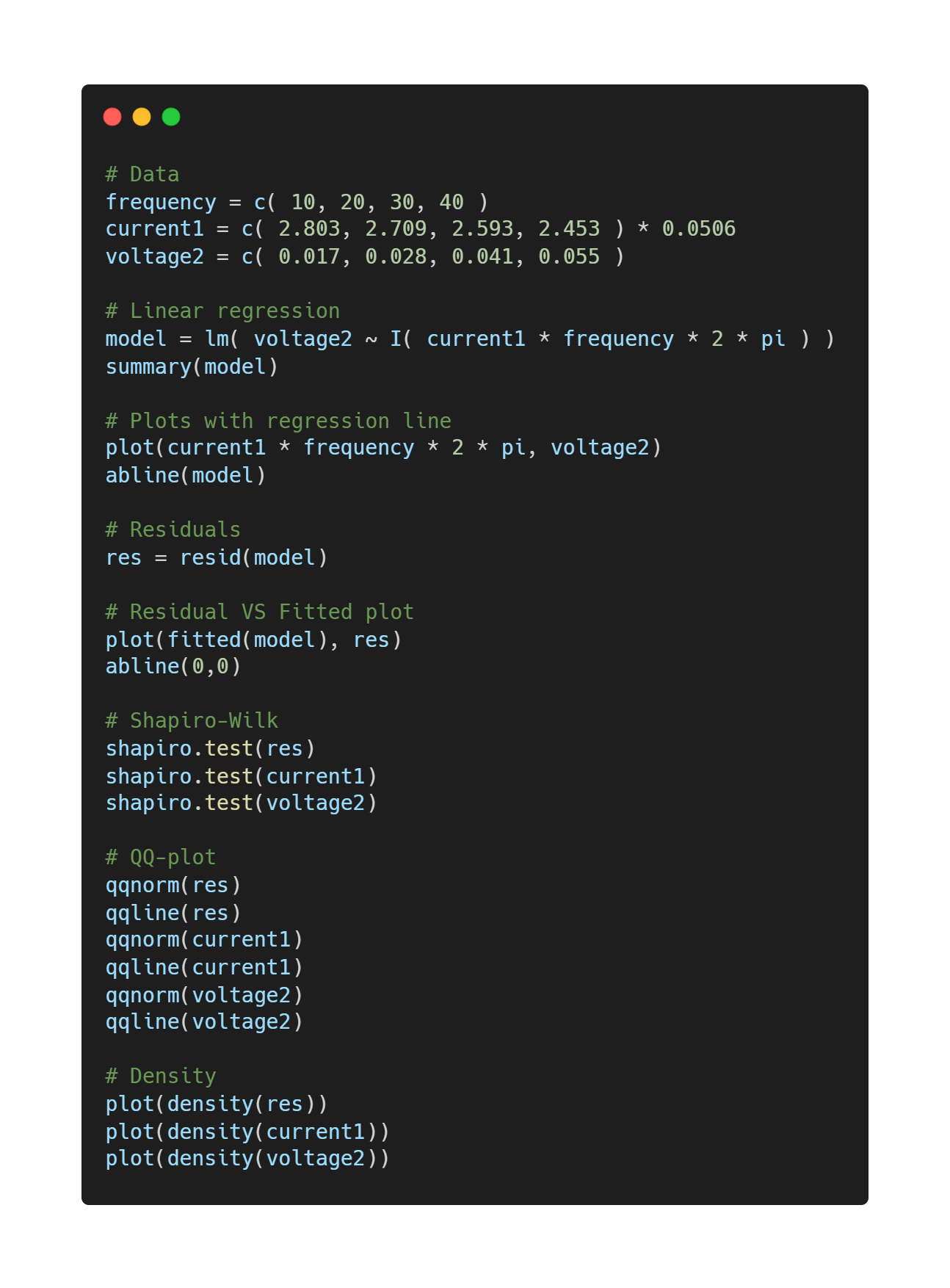
Questo è rilevante pechè spesso errori sistematici dello sperimentatore, introducono bias nel dataset.

Riportiamo solo i dati del primo set di misurazioni poiché entrambi i casi sono simili.

Diagram, engineering drawing

Description automatically generated

Lasciamo come da prassi il codice usato nello studio statistico dei campioni



**Secondo Esperimento**

Calcolo della lunghezza d’onda di un fascio laser

**Abstract**

In questo esperimento studiamo due diversi fenomeni ottici, studiando la figura di diffreazione poiettata sulloschermo cercheremo di capire a ritroso la lunghezza d’onda della luce laser.

**Cenni Teorici**

**Diffrazione**:

**Interferenza**:

**Apparato Sperimentale**

**Risultati**

**diffrazione**

Lasers'wavelength has a mean value of 6.745e-07 meters with a standard error of 7.407766195014523e-09

**Table

Description automatically generated with low confidence**

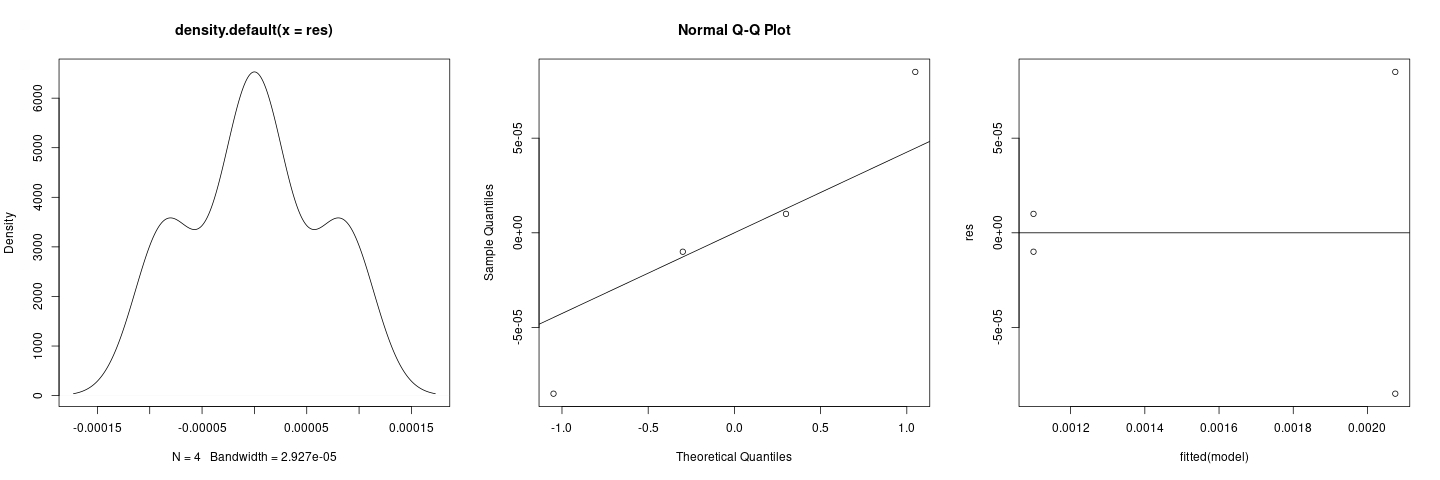
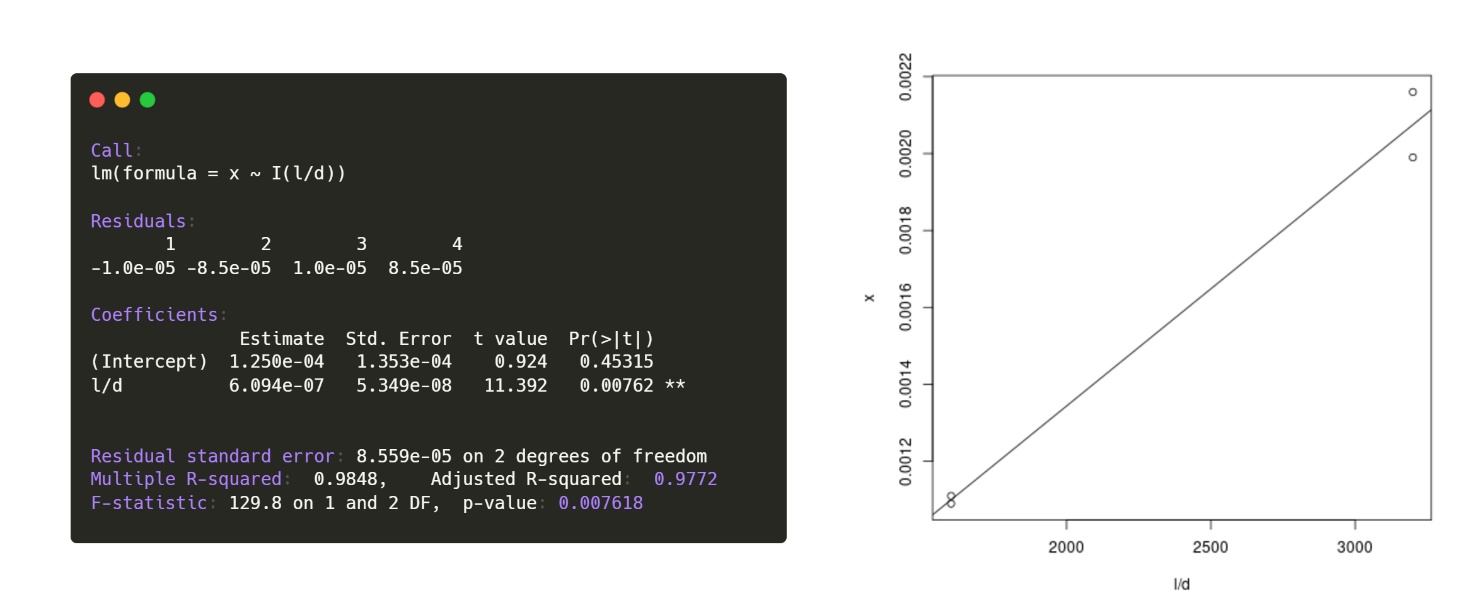
Interferena

Lasers'wavelength has a mean value of 6.679687499999999e-07 meters with a standard error of 2.745513029813374e-08

**Text, chat or text message

Description automatically generated**

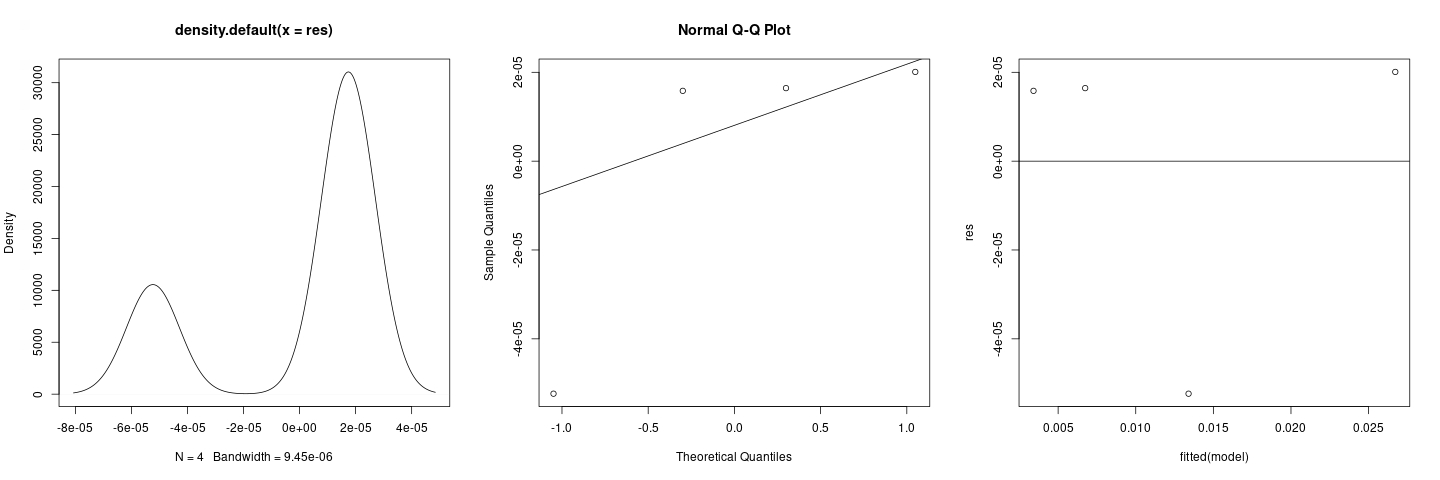
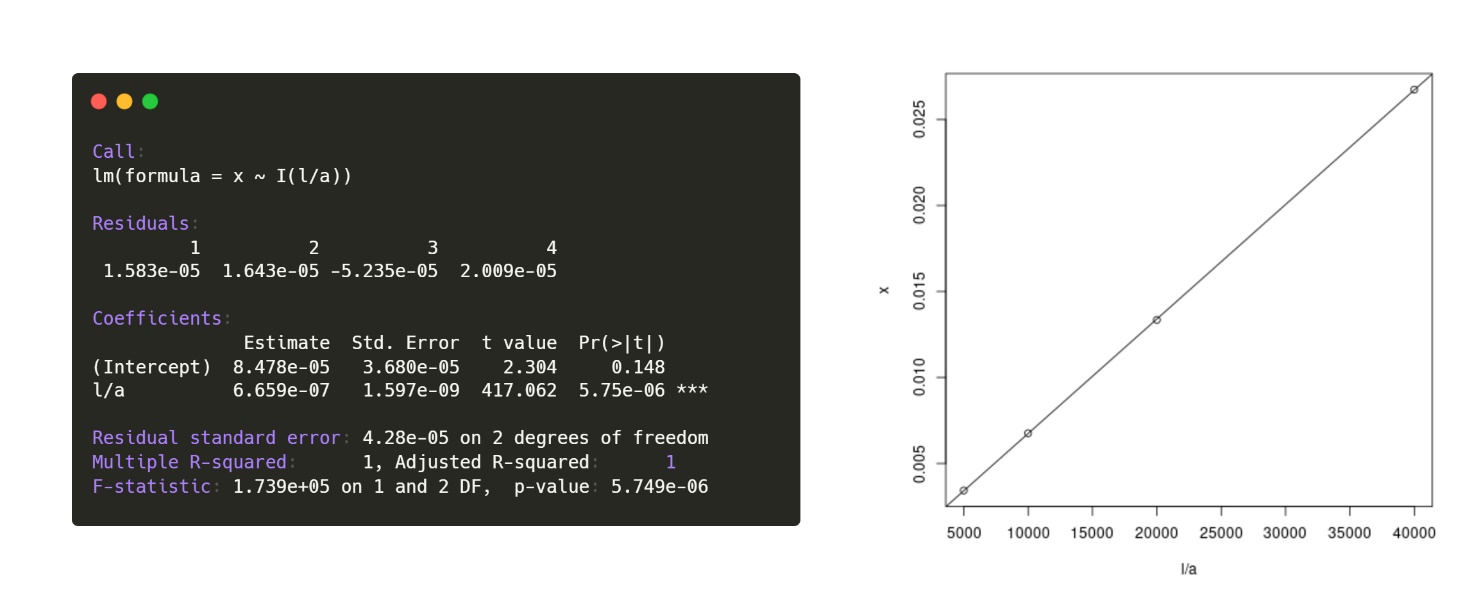
**Analisi Statistica**

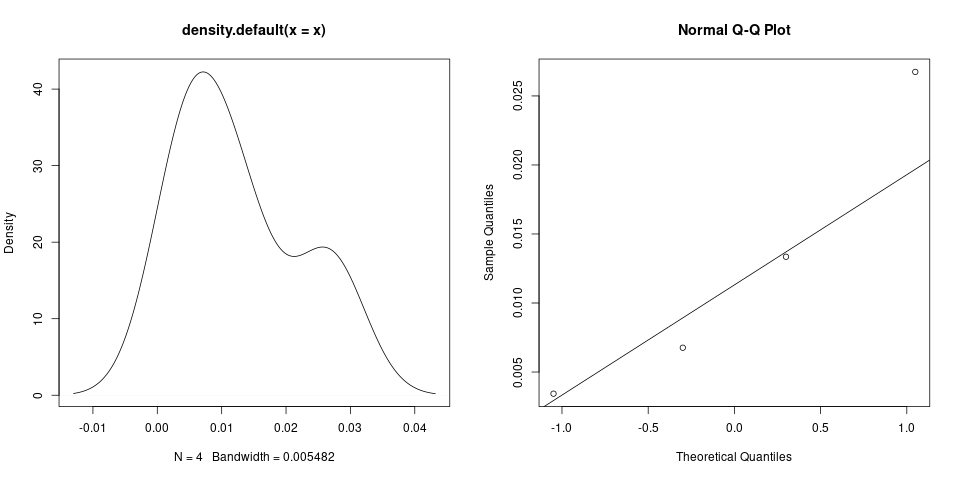
Interferenza

Chart, line chart

Description automatically generated

Diffreazione





**Conclusions**

In general, this experience turned out to be very instructive, not only from a notional point of view but above all because it allowed us to appreciate the differences between theoretical models and experimental data, pushing us to find reasons behind these inconsistencies. Physics is fascinating even when it doesn't work!

**Acknowledgements**

**Software:**

**R:** programming language

**Python:** programming language

**NumPy:** python library

**Pandas:** python library

**Seaborn:** python library

**SciPy:** python library

**Jupiter Notebook:** IDE for python

**Adobe** **Photoshop:** photo editing software

**Web Services:**

**Carbon.now:** easy sharing of source code via images

**Rdrr.io:** online IDE for R (R studio alternative)

**Imgonline.com.ua:** online tool for quick image editing

**Github.com:** opensource repositories. All the material of this research can be found here

**Desmos.com:** online graphic calculator. Useful for sharing interactive graphs

**Images:**

**Pasco Scientific**: experimental apparatus

**Wikipedia:** illustrations

**YouMath**: illustrations

**Literature:**

**Ioannidis** (2005) "Why Most Published Research Findings Are False"