

Bilancia elettrostatica di Columb

Gruppo 3

27 Febbraio 2023

Data esperienza: 27 Febbraio 2023
Gruppo: Marta ARNOLDI
Luca BRAMBILLA
Giovanni CARMINATI
Istruttore: Prof. CALVI

Contents

1	Obiettivi:	2
2	Cenni Teorici	2
2.1	Forza elettrostatica	2
2.2	Torsione	2
2.3	Equilibrio	2
2.4	Misurazione di ϵ_0	2
3	Materiale e strumenti di misura usati	3
4	Svolgimento dell'esperienza	3
4.1	preparazione	3
4.2	Parte A: verifica $\theta \propto V_1 V_2$	3
4.3	Parte B: verifica $\theta \propto \frac{1}{d^2}$	4
4.4	Parte C: misura della costante di torsione K_{tor}	4
5	Dati Raccolti	4
6	Analisi Dati	5
6.1	PARTE A	5
6.2	PARTE B	5
6.3	PARTE C	6
6.4	Stima ϵ_0	6
7	Discussione dei risultati ottenuti	7

1 Obiettivi:

Primo Obiettivo

verificare la dipendenza della forza di Coulomb dall'inverso del quadrato della distanza tra le cariche

Secondo Obiettivo

determinare la dipendenza dalla carica della forza di Coulomb: la carica è direttamente proporzionale al potenziale.

Terzo Obiettivo

misura della costante dielettrica ϵ_0 nel vuoto

2 Cenni Teorici

2.1 Forza elettrostatica

Due corpi dotati di carica si attraggono con una forza data da: (costante dielettrica nell'aria $\epsilon_d \simeq 1$)

$$F = k \frac{q_1 q_2}{d^2} \qquad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_d} \qquad q = CV = 4\pi\epsilon_0\epsilon_d V$$

2.2 Torsione

la forza di torsione è direttamente proporzionale all'angolo di cui si è dovuto torcere il filo

$$F_{tor} = C_{tor}\theta$$

2.3 Equilibrio

si ha quando $F_{Columb}b = \tau_{torsione}$ dove b è il braccio della forza, visto che $K_{tor} = C_{tor}/b$ è costante possiamo verificare:

$$\theta \propto \frac{1}{d^2} \qquad (1)$$

$$\theta \propto V_1 V_2 \qquad (2)$$

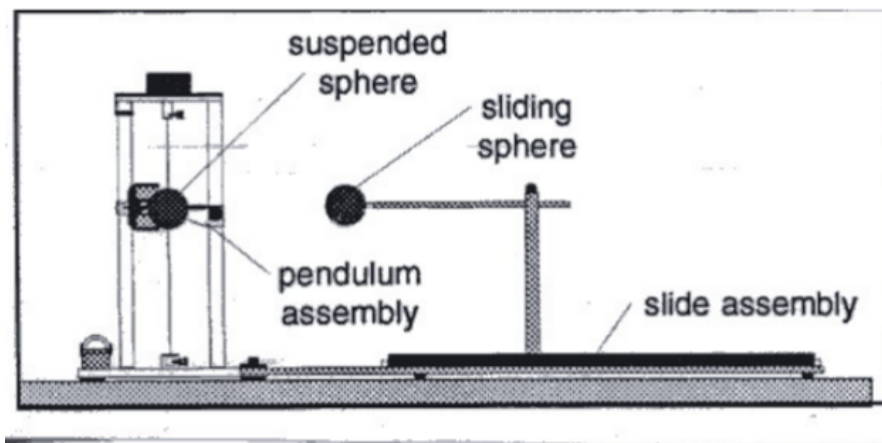
e misurare k_{tor} dalla forza peso ($mg = k_{tor}\theta$)

2.4 Misurazione di ϵ_0

dato che $F \propto \frac{V_1 V_2}{d^2}$, possiamo ricavare ϵ_0 verificando 2.3 e usando:

$$k_{tor}\theta = 4\pi\epsilon_0 \frac{V_1 V_2}{d^2}$$

3 Materiale e strumenti di misura usati



4 Svolgimento dell'esperienza

L'esperienza consiste nel caricare le sfere con un generatore di tensione, porle a una distanza nota e in seguito alla curvatura dell'angolo (dovuta alla forza repulsiva tra le due sfere) aumentare la torsione del filo che sostiene la sfera sospesa riportandola in posizione.

4.1 preparazione

- verificare che le sfere siano scariche (da ripetere a ogni misura)
- torcere il filo fino a quando la sfera sospesa è posizionata nello 0
- misurare il diametro delle sfere
- porre le sfere alla stessa altezza (centri sullo stesso asse)
- considerare l'umidità del laboratorio

4.2 Parte A: verifica $\theta \propto V_1 V_2$

- fissare la sfera mobile a una distanza fissa
- caricare le sfere (variando V)
- torcere il filo fino a quando la sfera sospesa torna in posizione (prendere misura dell'angolo di torsione)
- scaricare le sfere

sono state svolte misure sia con $V_1 = V_2$ (A.1), sia fissando V_1 e variando V_2

IMPORTANTE: se durante la carica le sfere sono troppo vicine può esserci dispersione della carica dell'una sulla seconda a causa dell'umidità

4.3 Parte B: verifica $\theta \propto \frac{1}{d^2}$

come 4.2 ma fissando V e variando la distanza d

4.4 Parte C: misura della costante di torsione K_{tor}

- ruotare la piattaforma di sostegno della sferetta sospesa ponendola orizzontalmente rispetto al piano
- torcere il filo affinché l'asta della sfera sia orizzontale rispetto al piano di appoggio e fissare lo 0
- aggiungendo pesetti sulla sfera aumentare la torsione per riportarla in posizione prendendo nota dell'angolo

5 Dati Raccolti

diámetro sfere	34.3 mm
umidità laboratorio	34%
errore di misura dovuto alla sensibilità dello strumento	1°
distanza (PARTE A)	10 cm

PARTE A.1 ($V_1 = V_2$)

V(kV)	2	3	4	5	6
$\bar{\theta}$	7.0	16.0	33.7	48.7	71.7

PARTE A.2 ($V_1 = 6$ kV)

V ₂ (kV)	2	3	4	5	6
$\bar{\theta}$	21.3	38.0	52.0	60.0	71.7

PARTE B ($V = 6$ kV)

d	6	7	8	9	12	15	18
$\bar{\theta}$	186.3	124.7	105.3	92.3	52.0	32.3	18.0

PARTE C (per costante di torsione)

m (mg)	20	40	50	70	90
$\bar{\theta}$	128.8	254.2	321.6	450.8	584.6

[link per csv contenente le misurazioni parte A.1](#)

[link per csv contenente le misurazioni parte A.2](#)

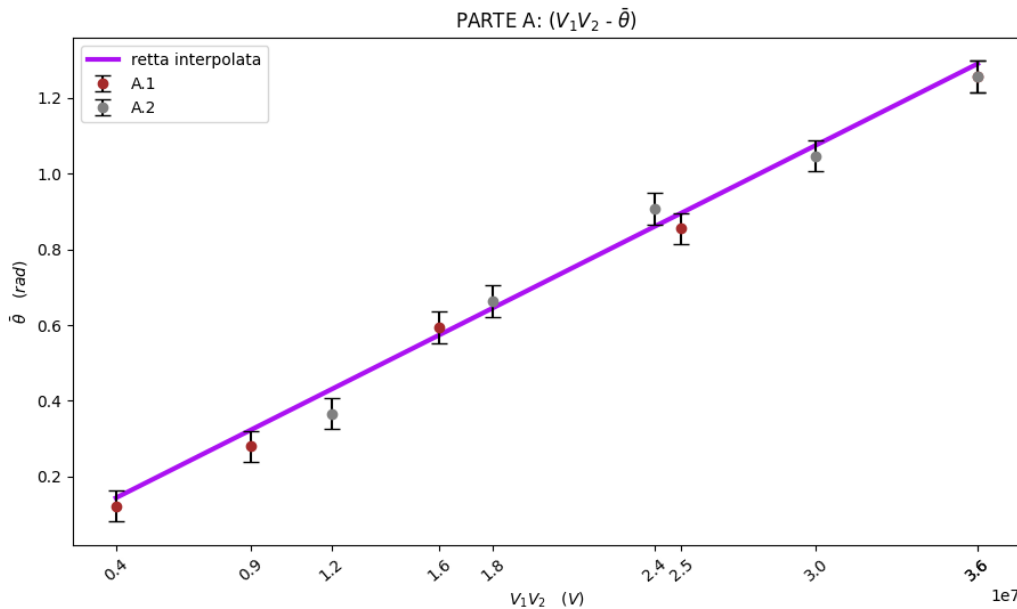
[link per csv contenente le misurazioni parte B](#)

[link per csv contenente le misurazioni parte C](#)

6 Analisi Dati

6.1 PARTE A

Da A.1 e A.2 possiamo tracciare un grafico con V_1V_2 nell'asse delle ascisse e $\bar{\theta}$ sulle ordinate

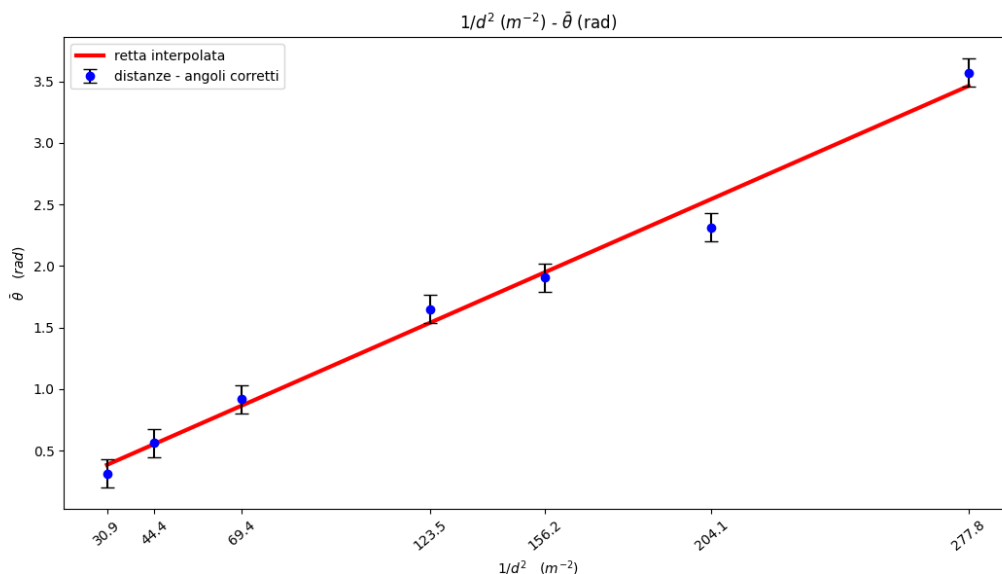


$$\begin{aligned}
 B &= 3.5 \times 10^{-8} \\
 \sigma_b &= 0.1 \times 10^{-8} \\
 \sigma_y &= 0.04 \\
 \tilde{\chi}_o^2 &= 0.91 \\
 d_{liberta} &= 9
 \end{aligned}$$

6.2 PARTE B

ripetiamo il grafico ponendo sull'asse delle ascisse $1/d^2$

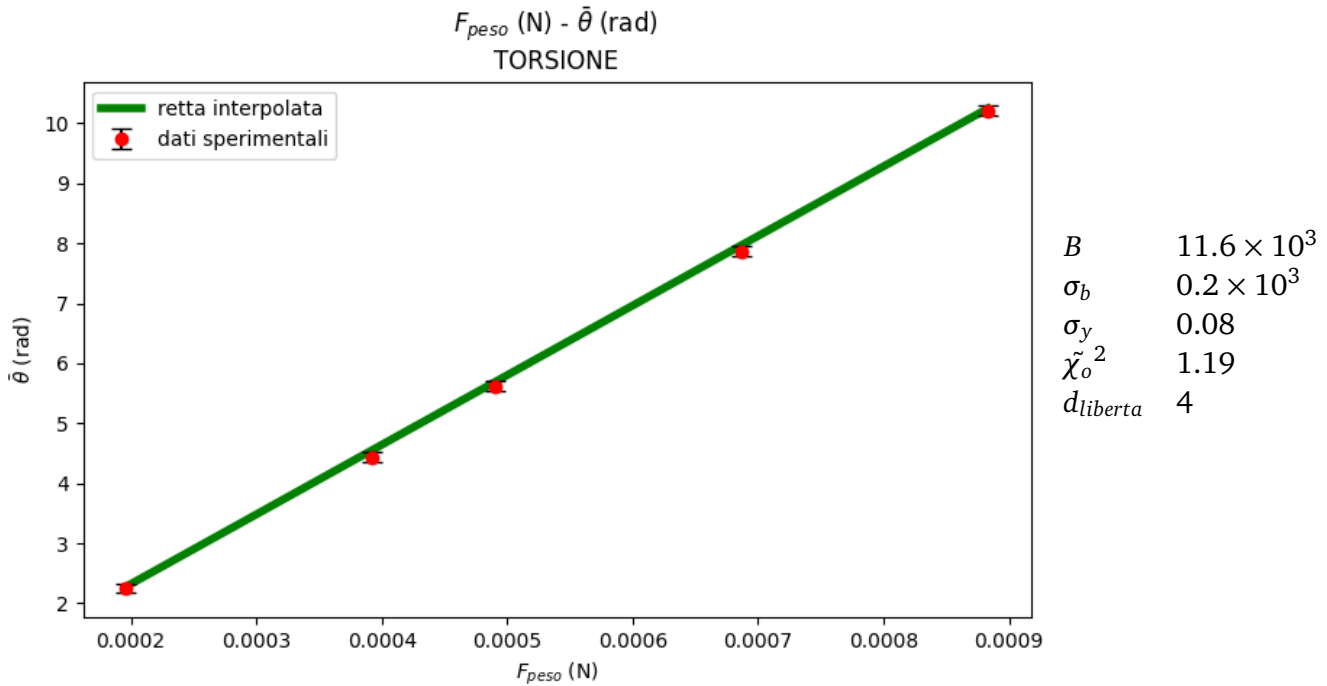
NOTA: essendo che a piccole distanze le sfere non sono perfettamente approssimabili a punti materiali è opportuno applicare la correzione $1/B$ dove $B = 1 - \frac{4r_{sfera}^3}{d^3}$



$$\begin{aligned}
 B &= 1.24 \times 10^{-2} \\
 \sigma_b &= 0.05 \times 10^{-2} \\
 \sigma_y &= 0.11 \\
 \tilde{\chi}_o^2 &= 1.1 \\
 d_{liberta} &= 6
 \end{aligned}$$

6.3 PARTE C

dalle misure effettuate otteniamo $K_{tor} = (8.6 \pm 0.1)10^{-5} \text{ N rad}^{-1}$



6.4 Stima ϵ_0

possiamo stimare ϵ_0 sia da PARTE A che da PARTE B assumendo i seguenti dati:

costante torcente	k_{tor}	$8.6 \times 10^{-5} \text{ N rad}^{-1}$
sigma K_{tor}	σ_k	$0.1 \times 10^{-5} \text{ kg m}^{-2}$
coeff retta 1	B_1	3.5×10^{-8}
sigma B_1	σ_{B_1}	0.1×10^{-8}
coeff retta 2	B_2	1.24×10^{-2}
sigma B_2	σ_{B_2}	0.05×10^{-2}
raggio sfere	r	$1.7 \times 10^{-2} \text{ m}$
distanza in A	d	0.1 m carica sfere in B
V		$6 \times 10^3 \text{ V}$

$$\epsilon_A = \frac{B_A K_{tor} d^2}{4\pi r^2} = 8.5 \times 10^{-12}$$

$$\epsilon_B = \frac{B_B K_{tor}}{4\pi V^2 r^2} = 8.2 \times 10^{-12}$$

$$\sigma_{\epsilon_A} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_k}{k}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{B_1}}{B_1}\right)^2} = 0.3 \times 10^{-12}$$

$$\sigma_{\epsilon_B} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_k}{k}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{B_2}}{B_2}\right)^2} = 0.3 \times 10^{-12}$$

concludiamo quindi con i valori di ϵ_0 :

usando relazione $\theta \propto V_1 V_2$ (parte A) $\epsilon_0 = (8.5 \pm 0.3) 10^{-12} \text{ N m}^{-1}$
usando relazione $\theta \propto 1/d^2$ (parte B) $\epsilon_0 = (8.3 \pm 0.3) 10^{-12} \text{ N m}^{-1}$

7 Discussione dei risultati ottenuti

considerando i grafici della PARTE A, PARTE B e PARTE C, l'accordo con il χ^2 è ragionevole e quindi la relazione ben verificata.

la stima della costante ϵ_0 è molto vicina al valore reale ($8.9 \times 10^{-12} \text{ N m}^{-1}$), entrambi i valori ottenuti sono delle sottostime del valore vero e questo può essere dovuto all'umidità del laboratorio

[link dati e codice python](#)