

# **LORENTZEN INDARRA. Elektroaren karga eta masaren arteko erlazioa.**

Egileak: Irati Fradejas eta mirane Florencio

## Helburua.

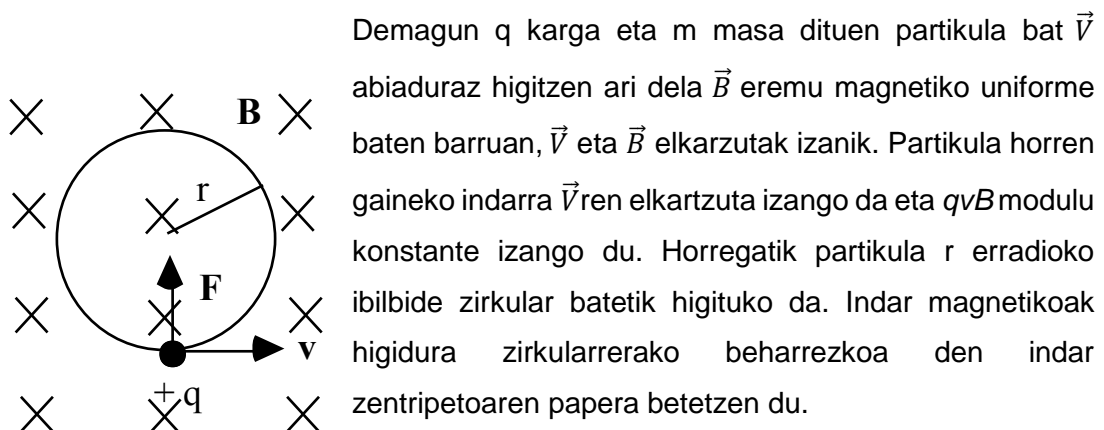
Praktika honetako aparatuak  $e/m_e$  (e: elektroiaren karga,  $m_e$ :elektroiaren masa) erlazioa neurtzeko metodo sinplea bideratzen du.

Metodoa, J.J. Thomsonek 1897garren urtean erabilitakoaren antzekoa da. Elektroiak sortu eta azeleratu egiten dira. Gero, eremu magnetiko baten barruan sartu eta, baldintza konkretu batzuk betetzen badira, biraka hasten dira ibilbide zirkularra osatuz. Zirkunferentziaren erradioa neurtu eta  $e/m_e$  kalkulatu daiteke.

## Oinarri teorikoa

Dakigunez  $q$  karga eta  $m$  masa dituen partikula  $\vec{v}$  bat abiaduraz higitzen ari denean  $\vec{B}$  eremu magnetiko baten baitan, partikularen gainean

$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$  indarra sortzen da.



Newton-en bigarren legeak erlazionatzen ditu indarra, masa eta azelerazio zentripetoa:

$$F = qvB = ma = m \frac{v^2}{r}$$

eta hemendik:  $\frac{q}{m} = \frac{v}{Br}$

non;

$q$ : partikularen kargaren balio absolutua.

$m$ : partikularen masa.

$B$ : partikulak pairatzen duen eremu magnetikoaren modulua.

$r$ : partikularen ibilbide zirkularraren erradioa.

Ekuazio honek partikularen karga eta masaren arteko erlazioa kalkulatzeko balio du.

#### - **Elektroiaren karga eta masaren arteko erlazioa**

Elektroiaren kasuan horrela gelditzen da ekuazioa:

$$eVB = m_e \frac{V^2}{r} \rightarrow \frac{e}{m_e} = \frac{V}{Br}$$

Non;

$e$ : elektroien kargaren balio absolutua.

$m_e$ : elektroien masa.

$B$ : elektroiak pairatzen duen eremu magnetikoaren modulua.

$r$ : elektroien ibilbide zirkularraren erradioa diren.

Ekuazio honek elektroien karga eta masaren arteko erlazioa kalkulatzeko balio du. Horretarako ezagutu behar ditugu aldi berean elektroien abiadura  $v$ , eremu magnetikoaren intentsitatea  $B$  eta ibilbidearen erradioa  $r$ .

## Materiala

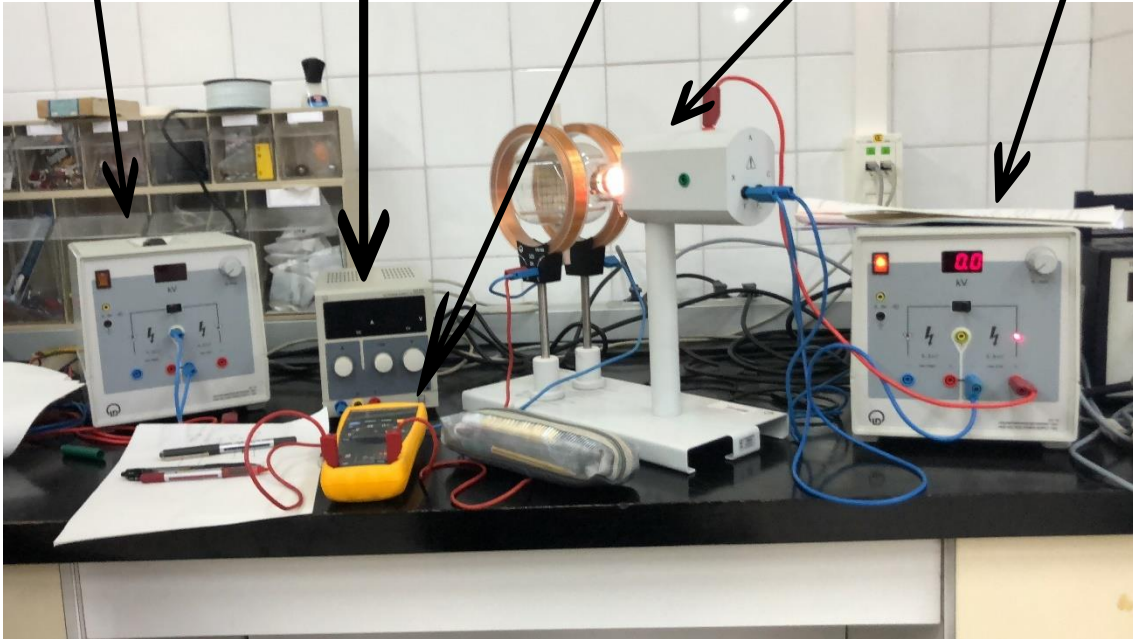
Tentsio altuko sorgailua (B).

Korrante jarraituko sorgailua.

Ampereometroa.

Helmutz-en harilak, zink sulfuroa duen pantaila eta elektroihodia.

Tentsio altuko sorgailua.



Muntaia osoaren argazkia.

## Prozedura esperimentalak

Teorian azaldutakoaren arabera  $e/m_e$  kalkulatzeko elektroiak sortu eta abian jarri behar dira. Gero eremu magnetikoaren barruan elektroiak bueltaka hasiko dira eta guk zirkunferentziaren erradioa neurtu eta  $e/m_e$  kalkulatzeko aukera edukiko dugu. Neurketak aurrera eramateko irudian agertzen den aparatua erabiliko dugu.

Elektroiak sortu eta azeleratu elektroihodia deituko dugun beirazko lanpara batean gertatzen da.

Hodi barruko katodoan (hari metalikoan) material berezia dago, berotzerakoan elektroiak askatzen dituena (Igorketa termoionikoa). Katodoa berotzeko bere aldamenean harizpi bat dago eta bere barnetik pasatzen den korrontea berotzen du harizpia, eta honekin katodoa. Horretarako A sorgailuak atzealdean duen 6.3V-eko AC irteera erabiliko dugu.

Horrela elektroiek batzuk nahikoa energia lortzen dute metalari lotzen dituen energia-langa gainditzeko (lan-funtzioa) eta ihes egiteko. Hots, elektroiek askeak sortzen dira. Orain azeleratu behar ditugu  $v$  abiadura lortu arte. Horretarako haien arteko  $V$  potentzial-

diferentzia duten bi elektrodoen arteko pasara zigite.  $V$  lortzeko  $A$  sorgailua erabiliko dugu, irudian adierazten den moduan. Katodoa eta anodoaren artean, potentzial-diferentzia honek eremu elektrikoa sortzen du eta ondorioz elektroiek indarra pairatzen dute eta azeleratzen dira. Energia kontserbatzen delako:

$$eV = \frac{1}{2} m_e v^2$$

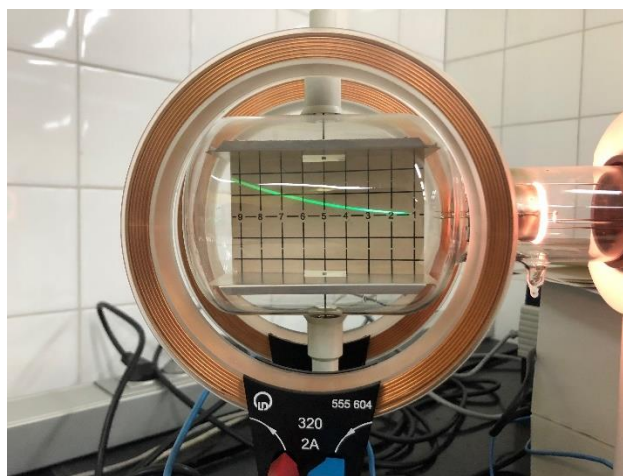
eta elektroien abiadura kalkulatu daiteke:  $v = \sqrt{2 \frac{e}{m_e} V}$

Elektroiak eremu magnetiko baten barruan ipintzeko elektroihodia Helmholtz harilko pare baten erdian dago jarrita. Bere barnetik  $I$  intentsitateko korronea iragaten denean Helmholtz harilko pare honek harilkoekiko perpendikularra den eremu magnetiko uniforme bat sortzen du. Aparatua kalibratuta dago eta eremu horren balorea honako hau da:

$$B = 4.29 \times 10^{-3} I \text{ (T)}$$

$I$  Ampèretan neurtuta badin badago.

Eremu magnetikoa elektroiek duten abiadurarekiko benetan perpendikularra izateko elektroihodia eskuarekin bere plastikozko oinarritik helduta biratu egin daiteke zerbait. Elektroien abiadura eta eremua perpendikularrak direnean zirkunferentzia ikusiko dugu, bestela helizea.



Argazkian elektroiak higitzen diren zirkunferentziaren zati bat ikus dezakegu zink sulfuroaren fluoreszentziaren ondorioz.

Lanpara duen aparatuko aurrealdean sartu behar dira aparatua funtzionatzeko behar dituen boltaiak, eta aparatuek berak jartzen dituzten baldintzak. Laburbilduz hauek dira,

1. Korrante alternoko 6,3V lanpararen filamentua berotzeko. Oso garrantzitsua da boltai hori ez gainditzea, lanpara erre egin bait dezakegu.
2. Elektroaiak azeleratzeko boltai jarrai, anodoa (positiboa) eta katodoa (negatiboa)ren arteko jarri behar dena. Begiratu aparatuek zer dioen balio handienari buruz.
3. Helmholtz harilkoetatik korrante jarraia behar dugu, boltai jarraiak sortuko duena. Polaritatea zaindu behar da, polo positiboa zulo gorrian eta polo negatiboa zulo beltzan sartuz. Begiratu zein den sar daitekeen korrante handiena, harilkoak larregi ez berotzeko.

Boltai eta korrante hoiak praktikan dauden aparatuetatik aterako dira. Filamentoarentzako boltaiak kolpeka aldatzen duen agintailua erabiliko da, ez agintailu jarraia eta esandako 6 V-ko posizioan.

Hona hemen erabil daitezkeen tentsio eta intentsitate balio maximoak:

- Intentsitate maximoa helmholtz harilkoetan: 2<sup>a</sup> (DC)
- Tentsio maximoa Helmholtz harilkoetan: 6,9 V (DC)
- Elektrodoen arteko tentsio maximoa 300 V (DC)
- Tentsio-maximoa berogailuan: 6,3V (AC)

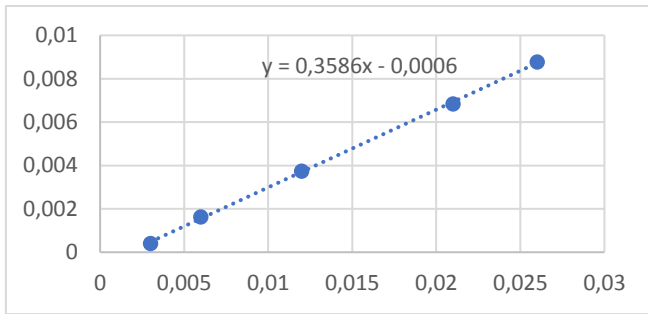
## Neurketak

Neurketei dagokienez, hasieran sistemaren efektibotasuna konprobatzeko, x-ren edozein balio hartu eta zegokion y behatu genuen, ondoren linealizatuz, r kalkulatu eta elektroaiaren karga/masa erlazioa kalkulatzeko.

Erlazioa ateratzeko, aurreko formulatan oinarritu gara, ezezagun bat bestearen menpe jarritz.

$$\frac{e}{m_e} = \frac{2V}{k^2 i^2 r^2}$$

x(m)	y(m)	(x <sup>2</sup> +y <sup>2</sup> )
0,02	0,003	0,000409
0,04	0,006	0,001636
0,06	0,012	0,003744
0,08	0,021	0,006841
0,09	0,026	0,008776



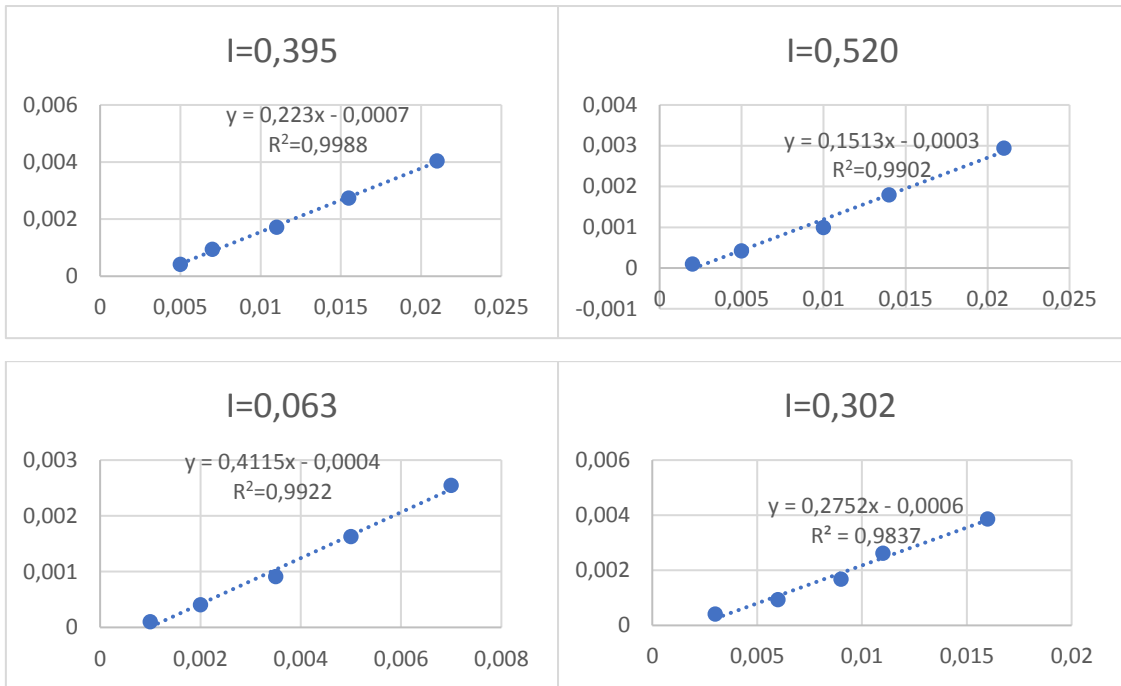
$e/m_e(\text{teorikoa}) = 1,758820 \cdot 10^{11} \text{ C/Kg}$  izanik;

Praktikoa =  $2,2147086 \cdot 10^{11} \text{ C/Kg}$

Aldagai ezezagunetan hausnartuz, intentsitatea, potentzial diferentzia eta erradioa direla ondorioztatu dugu. Orduan, haietako bat konstante mantenduz, bestea nola aldatzen den behatu dugu.

### **V=kte=4000V**

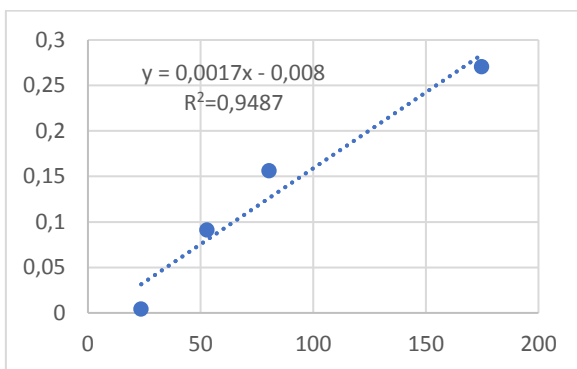
X(m)	Y(m)	(X <sup>2</sup> +Y <sup>2</sup> )	R(m)
<b>I=0,345</b>			
0,02	0,005	0,000425	r1(m)
0,03	0,007	0,000949	0,1115
0,04	0,011	0,001721	
0,05	0,0155	0,00274025	
0,06	0,021	0,004041	
<b>I=0,520</b>			
0,01	0,002	0,000104	r3(m)
0,02	0,005	0,000425	0,07565
0,03	0,01	0,001	
0,04	0,014	0,001796	
0,05	0,021	0,002941	
<b>I=0,063</b>			
0,01	0,001	0,000101	r5(m)
0,02	0,002	0,000404	0,20575
0,03	0,0035	0,00091225	
0,04	0,005	0,001625	
0,05	0,007	0,002549	
<b>I=0,302</b>			
0,02	0,003		0,000409
0,03	0,006		0,000936
0,04	0,009		0,001681
0,05	0,011		0,002621
0,06	0,016		0,003856



Erradioa intentsitatearen aldaketarekin nola aldatzen den jakiteko, linealizatu egingo dugu.

$$i^2 = \frac{2mV}{ek^2} \frac{1}{r^2}$$

I(A)	r(m)	I <sup>2</sup>	1/r <sup>2</sup>
0,395	0,1115	0,156025	80,4359629
0,52	0,07565	0,2704	174,735898
0,063	0,20575	0,003969	23,6221984
0,302	0,1376	0,091204	52,8157112



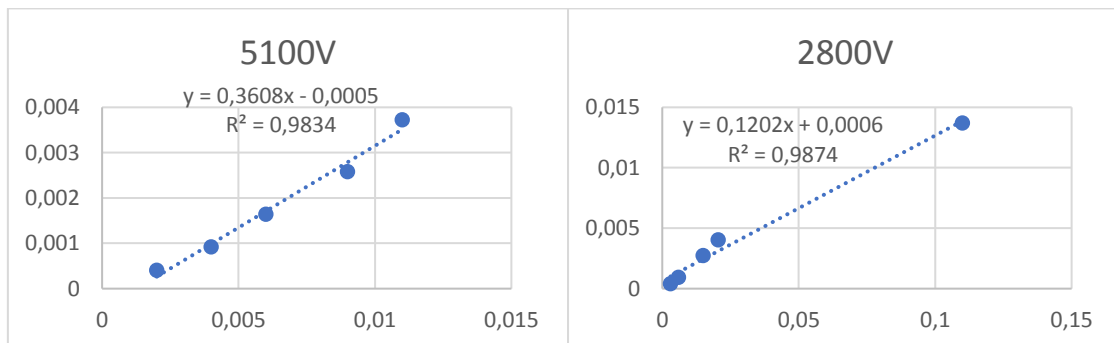
Kalkulatoriko elektroien karga/masa erlazioa:

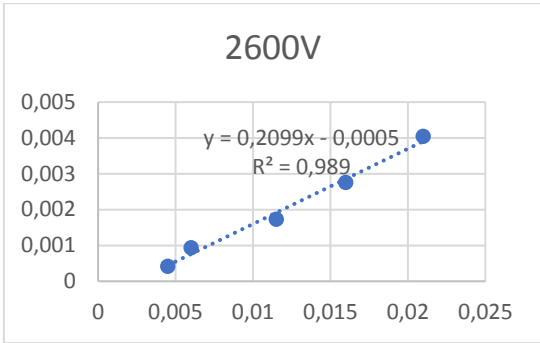
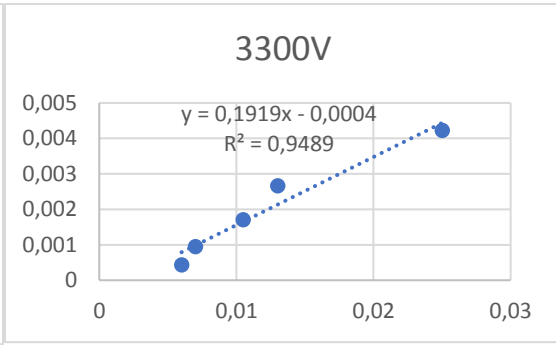
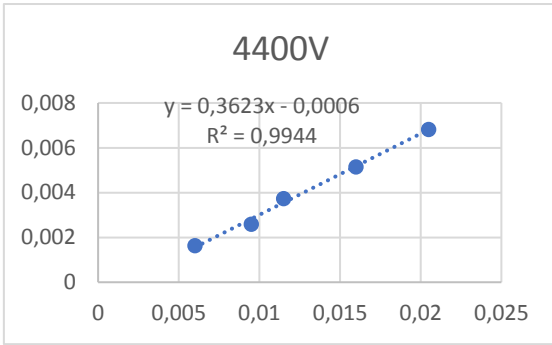
$$\frac{e}{m_e} = 2,55647 * 10^{11}$$



**I=kte=0,246A**

x(m)	y(m)	(X <sup>2</sup> +y <sup>2</sup> )
<b>V=5100V</b>		
0,02	0,002	0,000404
0,03	0,004	0,000916
0,04	0,006	0,001636
0,05	0,009	0,002581
0,06	0,011	0,003721
<b>V=2800V</b>		
0,02	0,003	0,000409
0,03	0,006	0,000936
0,04	0,11	0,0137
0,05	0,015	0,002725
0,06	0,0205	0,00402025
<b>V=4400V</b>		
0,04	0,006	0,001636
0,05	0,0095	0,00259025
0,06	0,0115	0,00373225
0,07	0,016	0,005156
0,08	0,0205	0,00682025
<b>V=3300V</b>		
0,02	0,006	0,000436
0,03	0,007	0,000949
0,04	0,0105	0,00171025
0,05	0,013	0,002669
0,06	0,025	0,004225
<b>V=2600V</b>		
0,02	0,0045	0,00042025
0,03	0,006	0,000936
0,04	0,0115	0,00173225
0,05	0,016	0,002756
0,06	0,021	0,004041

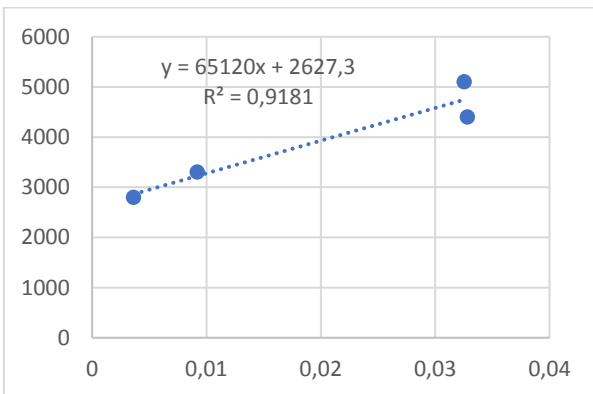




Erradioa potentzial diferentziarekin nola aldatzen den jakiteko, linealizatuko dugu.

$$V = \frac{ek^2i^2}{2m}r^2$$

r(m)	V(v)	r <sup>2</sup>
0,1804	5100	0,03254416
0,0601	2800	0,00361201
0,18115	4400	0,03281532
0,09595	3300	0,0092064



Kalkulatoriko elektroien karga/masa erlazioa:

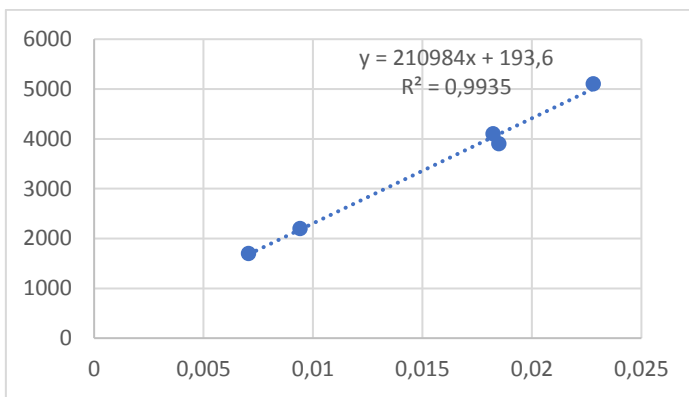
$$\frac{e}{m_e} = 1,01536 * 10^{11}$$

## R=kte=0,001m

V(v)	I(A)	i <sup>2</sup>
3900	0,136	0,018496
5100	0,151	0,022801
2200	0,097	0,009409
4100	0,135	0,018225
1700	0,084	0,007056

Intentsitatea potentzial diferentzialarekin nola aldatzen den jakiteko, linealizatu egingo dugu.

$$V = \frac{ek^2r^2}{2m} i^2$$



Kalkulatutako elektroiairen karga/masa erlazioa:

$$\frac{e}{m_e} = 2,83 * 10^{11}$$

Errorea

$$\frac{e}{m_e}(\text{teorikoa}) = 1,7585 * 10^{11} \text{C/Kg}$$

- *Errore absolutua* = *Praktikoa* +/- (*praktikoa* - *teorikoa*)
- *Errore erlatiboa* =  $\frac{\text{errore absolutua}}{\text{teorikoa}}$

V=kte

$$\frac{e}{m_e}(\text{praktikoa}) = 2,55647 * 10^{11}$$

- Errore absolutua=  $2,556 * 10^{11} \pm 7,98 * 10^{10}$
- Errore erlatiboa=  $1,45 \pm 0,45$

I=kte

$$\frac{e}{m_e}(\text{praktikoa}) = 1,01536 * 10^{11}$$

- Errore absolutua= **1,015\*10<sup>11</sup> ±7,43\*10<sup>10</sup>**
- Errore erlatiboa= **0,58 ± 0,42**

**R=kte**

$$\frac{e}{m_e}(\text{praktikoa}) = 2,83 * 10^{11}$$

- Errore absolutua= **2,83\*10<sup>11</sup> ± 1,044\*10<sup>11</sup>**
- Errore erlatiboa= **1,61 ± 0,59**

## Ondorioak

Kalkulu praktikoen gora beherak direla eta, argi dago lortutako erlazioa ez dela guztiz zuzena. Hala ere, oso eskala handian lan egiten gaudela onartuz, zifra batzuen arteko desberdintasunak ez dira hain larriak, baina erroreen presentzia nabarmena da.

Materia aztertua izan ahal izateko, ionizatua egon behar du, bestela ez zuen inongo eraginik jasango eremu magnetikoan sartzean.

Sistemaren norabideak ere, esan nahi zehatza du, hau, lurraren polo magnetikoaren norabidean orientatzen da, elektroien ibilbidearekiko paralelo, honen eraginak gure kalkuluetan eragina izan ez dezan. Horrela, aztertu nahi ez duguna ekidin egiten dugu.

## Galderak

Froga gauzatzean elektroiak erabili ordez protoiak erabiliko bagenitu, hauek masa handiagoa dutenez, eremuak ez du izango horrenbesteko indar desbideratzeko, hortaz, distantzia handiago batera desbideratuko dira. Berdina gertatuko litzateke anioi eta katioiekin, hauek elementuaren arabera masa handiagoa hala txikiagoa dute, baina elektroien batenarekin alderatuz, oso handia da. Honen ondorioz, oso eremu handia beharko genuke desbideratzeko eta eragina ez zen hain nabarmena izango.

Alfa partikulak elektroirik gabeko atomoak izanik, guztiz ionizatuta daude eta honek aztergarri bihurtzen du, baina protoi eta neutroietan, hau da, atomoaren nukleoan metatzen denez masa guztia, katioien antzera konportatuko lirake.

Errefraktometria da teknika analitikoa non Lorentz-en indarra hartzen duen oinarritzat, hau, molekulen estrukturei buruzko informazioa ematen digun teknika bat da.