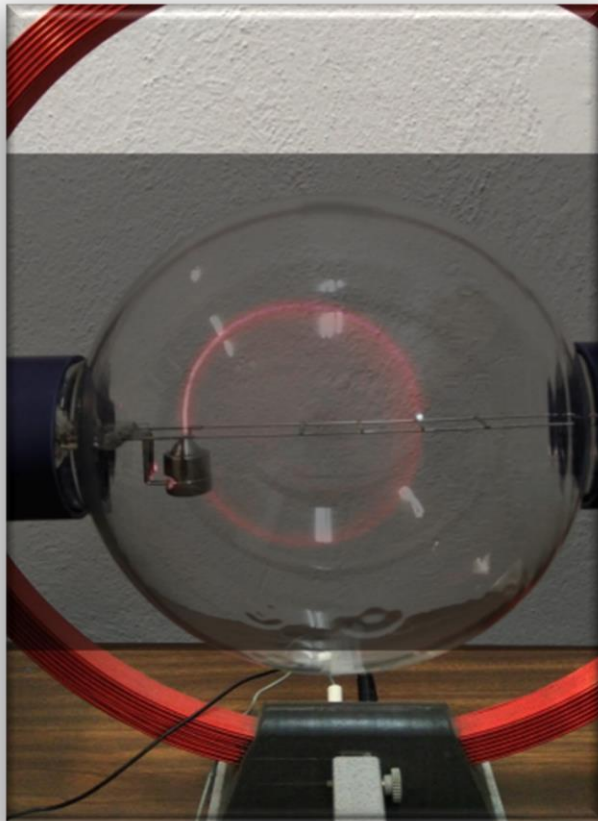


Μέτρηση του λόγου e/m του ηλεκτρονίου

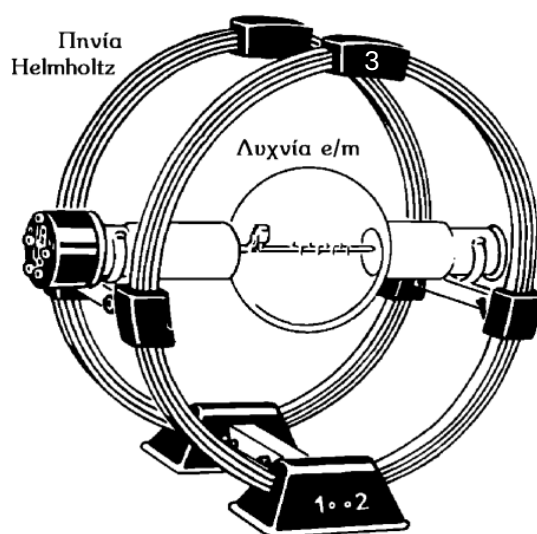
Κλάιντι Τσάμη



Εισαγωγή:

Η εργαστηριακή άσκηση που ακολουθεί αποτελεί μια σημαντική προσπάθεια να υπολογίσουμε πειραματικά την μάζα του ηλεκτρονίου. Επειδή δεν είναι δυνατό να υπολογιστεί απευθείας μέσω πειραματικών μεθόδων και διατάξεων λόγω της τάξης μεγέθους της (10^{-31}), και καθώς γνωρίζουμε το φορτίο του ηλεκτρονίου από προηγούμενα πειράματα, προβαίνουμε στον υπολογισμό του λόγου e/m ο οποίος είναι δυνατόν να μετρηθεί μέσω μιας ιδικής πειραματικής διάταξης. Τελικά με τη βοήθεια αυτού του λόγου και γνωρίζοντας το φορτίο μπορούμε να υπολογίσουμε με μεγάλη ακρίβεια και τη μάζα του ηλεκτρονίου. Η μελέτη του ηλεκτρονίου αποτελεί έναν θεμελιώδη πυλώνα στον τομέα της φυσικής και της επιστήμης γενικότερα. Το ηλεκτρόνιο αποτελεί ένα σημαντικό σωματίδιο, το οποίο διαφοροποιείται από άλλα, όπως το πρωτόνιο και το νετρόνιο, καθώς δεν αποτελείται από άλλα υποσωματίδια. Η μελέτη του ηλεκτρονίου είναι βασική για την κατανόηση των ιδιοτήτων των στοιχειωδών σωματιδίων και της συμπεριφοράς τους σε διάφορες συνθήκες. Επίσης, η κατανόηση του ηλεκτρονίου μας δίνει σημαντική εισαγωγή σε πιο προχωρημένες θεωρίες της φυσικής, όπως η κβαντική μηχανική. Επομένως, η μελέτη του ηλεκτρονίου είναι ζωτικής σημασίας για την επιστημονική μας πρόοδο και την κατανόηση του κόσμου που μας περιβάλλει.

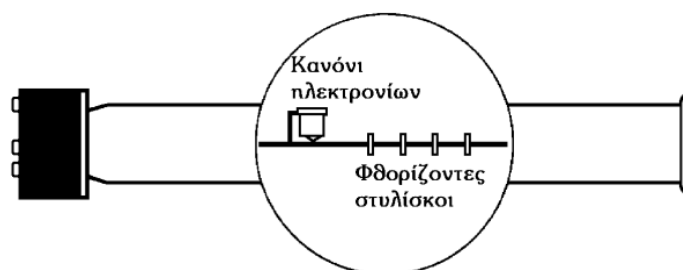
Για να επιτύχουμε τον στόχο μας, χρησιμοποιούμε μια πειραματική διάταξη (Εικόνα 1) που αποτελείται από τα εξής βασικά στοιχεία:



Εικόνα 1: Πειραματική διάταξη για τον υπολογισμό του λόγου e/m .

Αρχικά έχουμε τοποθετημένα σε απόσταση ίση με την ακτίνα τους ένα ζεύγος ίδιων κυκλικών πλαισίων (πηνία Helmholtz) και ανάμεσα τους είναι τοποθετημένη μια κατάλληλη λυχνία (Εικόνα 2). Η λυχνία αυτή περιέχει ένα κανόνι ηλεκτρονίων το οποίο κανόνι αποτελείτε από ένα θερμαινόμενο νήμα και ένα ηλεκτρόδιο για τον σχηματισμό μιας λεπτής και έντονης δέσμης ηλεκτρονίων και μια άνοδο η οποία περιέχει μια οπή για να εξέρχεται η δέσμη αυτή. Επιπλέον κάθετα στην διεύθυνση των εξερχόμενων ηλεκτρονίων υπάρχει μια σειρά από φθορίζοντες στυλίσκους οι οποίοι θα μας βοηθήσουν αργότερα στον υπολογισμό της ακτίνας της δέσμης ηλεκτρονίων, η οποία δέσμη όπως θα δούμε παρακάτω μας ενδιαφέρει να είναι σε κυκλική μορφή. Επιπρόσθετα υπάρχουν διάφορα

τροφοδοτικά υψηλής και χαμηλής τάσης για την παραγωγή, την εστίαση και την επιτάχυνση των ηλεκτρονίων αλλά και για την τροφοδοσία των πηνίων και κάποια όργανα μέτρησης της διαφοράς δυναμικού ανόδου - καθόδου (βολτόμετρο) και του ρεύματος που διαρρέει τα πηνία (αμπερόμετρο).



Εικόνα 2: Τομή της λυχνίας.

Η απόσταση των φθορίζοντων στυλίσκων από το κανόνι ηλεκτρονίων είναι σε εμάς γνωστή και για τον κάθε στυλίσκο ισούται σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (πίνακας 1) με:

Στυλίσκος	Απόσταση d από το κανόνι (m)
1	0.04
2	0.06
3	0.08
4	0.1

Πίνακας 1: Αποστάσεις κάθε στυλίσκου από το κανόνι ηλεκτρονίων της εικόνας 2.

Τα πηνία Helmholtz δημιουργούν ένα ομογενές μαγνητικό πεδίο στο μέρος το οποίο είναι τοποθετημένη η λυχνία, οπότε την κυκλική μορφή της δέσμης ηλεκτρονίων θα την πετύχουμε μέσω της δύναμης Lorentz που θα δεχθούν τα ηλεκτρόνια της δέσμης λόγω του μαγνητικού πεδίου αυτού. Επιπλέον το κανόνι ηλεκτρονίων είναι θωρακισμένο ώστε το εξωτερικό μαγνητικό πεδίο αυτό να μην επηρεάζει την κίνηση των ηλεκτρονίων μέσα στο κανόνι πάρα μόνο έξω από αυτό. Επιπρόσθετα εφόσον η δέσμη έξω από το κανόνι επηρεάζεται από οποιοδήποτε μαγνητικό πεδίο αλληλοεπιδράσει με αυτήν θα μπορούσε κάποιος να υποθέσει ότι και το μαγνητικό πεδίο της γης θα ασκήσει κάποια δύναμη Lorentz στην δέσμη που τελικά θα επηρεάσει την τροχιά της, αρά και τα πειραματικά δεδομένα. Είναι γνωστό ότι το γήινο μαγνητικό πεδίο έχει ένταση ίση με $0.5 \cdot 10^{-4}$ T και ότι όταν το μαγνητικό πεδίο αυτό είναι παράλληλο προς την ταχύτητα ενός φορτισμένου σωματιδίου τότε η επίδραση του στην κίνηση του σωματιδίου είναι μηδενική, στην παρακάτω πειραματική διαδικασία το πεδίο αυτό δεν ήταν παράλληλο προς την ταχύτητα των ηλεκτρονίων, παρολ' αυτά λόγω του μεγέθους της τιμής του πεδίου 10^{-4} δεν θα επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό την τροχιά της δέσμης.

Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι η δέσμη των ηλεκτρονίων είναι αδύνατον να παρατηρηθεί με γυμνό μάτι, για να μπορέσει να γίνει ορατή χρειάζεται να τοποθετηθεί στο εσωτερικό της λυχνίας αέριο

υδρογόνο σε χαμηλή πίεση. Με τον τρόπο αυτό λόγω της αλληλεπίδρασης των ατόμων - μορίων του αερίου με τα ηλεκτρόνια της δέσμης, τα άτομα – μόρια αυτά διεγείρονται ή ιονίζονται, κατά την αποδιέγερση τους εκπέμπουν φωτόνια και λόγω του ότι ο χρόνος αποδιέγερσης τους είναι πολύ μικρός δεν προλαβαίνουν να απομακρυνθούν από τον χορό διέλευσης της δέσμης με αποτέλεσμα να παρατηρούμε την δέσμη.

Θεωρία:

Για την μαθηματική ανάλυση του πειράματος θα χρειαστεί καταρχάς να μελετήσουμε το μαγνητικό πεδίο που δημιουργούν τα πηνία Helmholtz πάνω στην λυχνία, γνωρίζουμε σύμφωνα με την θεωρία ότι το μαγνητικό πεδίο στο μέσω του άξονα των πηνίων δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$B[T] = \frac{8\mu_0}{\sqrt{125}} \frac{N}{a} I \quad (1)$$

όπου:

$\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{m/A}$, η μαγνητική επιδεκτικότητα του κενού.

N ο αριθμός των σπειρών κάθε πηνίου.

a η ακτίνα των πηνίων.

I η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τα πηνία.

Όπως ειπώθηκε και παραπάνω λόγω του μαγνητικού πεδίου αυτού τα ηλεκτρόνια της δέσμης έξω από το κανόνι θα δεχθούν μια δύναμη F (δύναμη Lorentz) η οποία γνωρίζουμε ότι ισούται με:

$$\vec{F} = e \vec{u} \times \vec{B} \quad (1.1)$$

όπου:

$e = 1.6022 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, το φορτίο του ηλεκτρονίου.

u , η ταχύτητα της δέσμης των ηλεκτρονίων.

Επιπλέον το εξωτερικό γινόμενο δυο διανυσμάτων δίνεται από τον τύπο:

$$\vec{u} \times \vec{B} = u \cdot B \cdot \sin(\theta) \quad (1.2), \text{ όπου } \theta \text{ η γωνία μεταξύ των δυο διανυσμάτων } \vec{u} \text{ και } \vec{B}.$$

Επειδή θέλουμε η δέσμη των ηλεκτρονίων να ακολουθήσει κυκλική τροχιά καταλαβαίνουμε ότι για να το πετύχουμε αυτό θα πρέπει η δύναμη Lorentz να ασκείται κάθετα στην φορά κίνησης των ηλεκτρονίων, δηλαδή να παίζει τον ρόλο της κεντρομόλου δύναμης. Αυτό θα συμβεί μόνο εάν το μαγνητικό πεδίο είναι κάθετο στην διεύθυνση της ταχύτητας, δηλαδή αν $\theta = 90^\circ$ κάτι που ισχύει καθώς αν παρατηρήσουμε την εικόνα 1, αν τα πηνία διαρρέονται με ρεύμα I φοράς από το 1 -> 3 -> 2, σύμφωνα με τον κανόνα του δεξιού χεριού το B θα έχει φορά προς τα μέσα της σελίδας . Έπειτα γνωρίζοντας την διεύθυνση του B και της ταχύτητας των ηλεκτρονίων (η οποία είναι πρακτικά το ρεύμα I) σύμφωνα με τον κανόνα των τριών δακτύλων εύκολα βρίσκουμε την διεύθυνση της δύναμης Lorentz η οποία θα είναι προς τα δεξιά.

Τώρα επειδή η γωνία θ όπως είδαμε είναι 90^0 σύμφωνα με την σχέση 1.2 για την δύναμη Lorentz θα ισχύει ότι:

$$F = e \cdot u \cdot B \cdot \sin(\theta) = euB \cdot 1 = euB \Rightarrow F = euB \quad (1.3)$$

Επιπλέον η δύναμη αυτή είναι η κεντρομόλος η οποία γνωρίζουμε ότι δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$F = m \frac{u^2}{r} \xrightarrow{(1.3)} m \frac{u^2}{r} = euB \Rightarrow \frac{e}{m} = \frac{u}{rB} \quad (1.4)$$

Τέλος επειδή γνωρίζουμε ότι για την κινητική ενέργεια της δέσμης τον ηλεκτρονίων θα ισχύει το παρακάτω:

$$\frac{1}{2}mu^2 = eV \Rightarrow u = \sqrt{\frac{2eV}{m}} \quad (1.5)$$

Συνδυάζοντας της σχέσεις 1, 1.4 και 1.5 τελικά προκύπτει ότι:

$$(1.4) \xrightarrow{(1) \text{ και } (1.5)} \frac{e}{m} = \frac{\sqrt{\frac{2eV}{m}}}{r \frac{8\mu_0 N}{\sqrt{125} a} I} = \left(\frac{e}{m}\right)^{\frac{1}{2}} \frac{\sqrt{2V}\sqrt{125}a}{r8\mu_0 NI} \Rightarrow \frac{e}{m} \cdot \left(\frac{e}{m}\right)^{-\frac{1}{2}} = \left(\frac{e}{m}\right)^{\frac{1}{2}} = \frac{\sqrt{2V} \cdot \sqrt{125}a}{r8\mu_0 NI} = \frac{\sqrt{250V} \cdot a}{r8\mu_0 NI}$$

$$\xrightarrow{\wedge_2} \frac{e}{m} = \frac{250Va^2}{64r^2\mu_0^2N^2I^2} = 2.47 \cdot 10^{12} \frac{a^2V}{N^2I^2r^2} \Rightarrow \frac{e}{m} = 2.47 \cdot 10^{12} \frac{a^2V}{N^2I^2r^2} \quad (1.6)$$

Επιπλέον γνωρίζουμε από την θεωρία ότι όταν σε μια σχέση (για παράδειγμα στην 1.6) εμπεριέχονται μέσα σε αυτήν τιμές η οποίες έχουν κάποιο σφάλμα (έστω ότι σφάλματα έχουν η τιμές των V , I και r) το τελικό σφάλμα στην τιμή του λόγου e/m θα δίνεται από την παρακάτω σχέση:

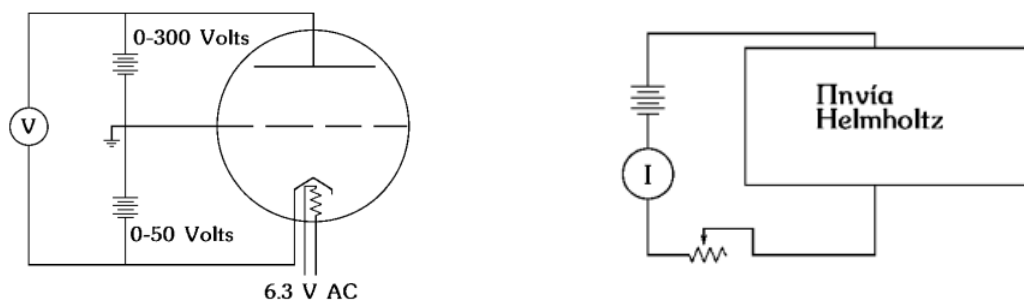
$$\sigma_{e/m}^2 = \left(\frac{\partial e/m}{\partial V}\right)^2 \cdot \sigma_V^2 + \left(\frac{\partial e/m}{\partial I}\right)^2 \cdot \sigma_I^2 + \left(\frac{\partial e/m}{\partial r}\right)^2 \cdot \sigma_r^2 \quad (1.7)$$

Πειραματικό μέρος:

Η πειραματική διάταξη που θα χρησιμοποιήσουμε για τον υπολογισμό του λόγου e/m όπως ειπώθηκε και παραπάνω αποτυπώνεται χαρακτηριστικά στην εικόνα 1. Συγκεκριμένα η πειραματική διάταξη αυτή έχει τα παρακάτω όργανα:

- Λυχνία.
- Διοπτρική Helmholtz σε απόσταση ίση με την ακτίνα τους $a = 0.2 \text{ m}$, τα οποία έχουν το καθένα από $N = 154$ σπείρες.
- Τροφοδοτικό χαμηλής τάσης 6.3 V ac .
- Τροφοδοτικό συνεχούς τάσης $0 - 50 \text{ V dc}$.
- Τροφοδοτικό συνεχούς τάσης $0 - 250 \text{ V dc}$.
- Τροφοδοτικό συνεχούς τάσης για την τροφοδοσία των πηνίων.
- Βολτόμετρο.
- Αμπερόμετρο.
- Ροοστάτης.
- Καλώδια σύνδεσης.

Επιπλέον τα ηλεκτρικά κυκλώματα της διάταξης είναι τα παρακάτω (Εικόνα 3 και 4):



Εικόνες 3 και 4: Τα ηλεκτρικά κυκλώματα της πειραματικής διάταξης, αριστερά το κύκλωμα της λυχνίας και δεξιά των πηνίων Helmholtz.

Αυτό που θα πρέπει να κάνουμε πειραματικά σύμφωνα με την σχέση 1.6 είναι έχοντας επιλέξει μια σταθερή τιμή έντασης ηλεκτρικού ρεύματος I στα πηνία Helmholtz θα προσπαθήσουμε να αλλάζουμε την τιμή τάσης V της επιτάχυνσης της δέσμης των ηλεκτρονίων έως ότου αυτή να προσπέσει σε όσους περισσότερους στυλίσκους είναι δυνατόν και έπειτα να καταγράψουμε για ποια τιμή τάσης V η δέσμη διαπέρασε κάποιον συγκεκριμένο στυλίσκο (πχ για τιμή τάσης $V1$ η δέσμη ήταν πάνω στον πρώτο στυλίσκο), έπειτα με βήμα 0.2 A καταγράφουμε ξανά της τιμές τάσης V . Πρακτικά όταν μεγαλώσει το V ο κύκλος που θα σχηματίζει η δέσμη θα μεγαλώσει σε διάμετρο και το αντίστροφο, ώστε παίζοντας με την τιμή του V να μπορέσουμε να περάσουμε πάνω από όσους περισσότερους στυλίσκους είναι δυνατόν, φυσικά όταν η δέσμη δεν θα μπορέσει να φτάσει κάποιον στυλίσκο ή όταν παρατηρούμε να μεταφέρετε απότομα σε κάποια άλλη θέση όταν πλησιάζουμε έναν στυλίσκο τότε συμπληρώνουμε την τιμή της τάσης με παύλα (-). Οι στυλίσκοι έχουν ένα υλικό πάνω τους στο οποίο όταν μια δέσμη προσπέσει σε αυτούς φθορίζουν ώστε με αυτόν τον τρόπο να καταλάβουμε αν όντως η δέσμη περνάει από πάνω η όχι, με μεγαλύτερη ακρίβεια. Αν ακολουθήσουμε την παραπάνω διαδικασία καταλήγουμε στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2):

α/α	$I \text{ (A)}$	$V1 \text{ (V)}$ 1 ^{ος} Στυλίσκος	$V2 \text{ (V)}$ 2 ^{ος} Στυλίσκος	$V3 \text{ (V)}$ 3 ^{ος} Στυλίσκος	$V4 \text{ (V)}$ 4 ^{ος} Στυλίσκος
1	1.3	33	49	-	60
2	1.5	35	48	54	73
3	1.7	35	49	64	92
4	1.9	38	47	74	-
5	2.1	39	56	88	-
6	2.3	40	63	-	-
7	2.5	42	72	-	-

Πίνακας 2: Για κάθε τιμή έντασης ρεύματος I στα πηνία καταγράφηκαν η τιμές τάσης V για της οποίες η δέσμη διαπερνούσε ακριβώς τους στυλίσκους.

Φυσικά το μόνο που μας λείπει από την σχέση 1.6 για να υπολογίσουμε τον λόγο e/m είναι η ακτίνα της τροχιάς της δέσμης ηλεκτρονίων, την οποία όμως γνωρίζουμε διότι εφόσον η διάμετρος της τροχιάς ισούται με την απόσταση του στυλίσκου από το κανόνι ηλεκτρονίων (Πίνακας 1) η ακτίνα θα ισούται με το μισό της απόστασης αυτής : ($r_1 = 0.02 \text{ m}$, $r_2 = 0.03$, $r_3 = 0.04 \text{ m}$ και $r_4 = 0.05 \text{ m}$). Επιπλέον επειδή τα a και N των πηγών στην συγκεκριμένη πειραματική διάταξη τα γνωρίζουμε για την σχέση 1.6 θα ισχύει ότι:

$$\frac{e}{m} = 2.47 \cdot 10^{12} \frac{a^2 V}{N^2 I^2 r^2} = 2.47 \cdot 10^{12} \frac{(0.2)^2 V}{(154)^2 I^2 r^2} = 4.16596 \cdot 10^6 \frac{V}{I^2 r^2}$$

$$\Rightarrow \frac{e}{m} = 4.16596 \cdot 10^6 \frac{V}{I^2 r^2} \quad (1.8)$$

Άρα μπορούμε λοιπόν σύμφωνα με την σχέση 1.8 χρησιμοποιώντας τα πειραματικά δεδομένα του πίνακα 2 και της αντίστοιχες ακτίνες κάθε στυλίσκου να υπολογίσουμε τον λόγο e/m , αν το κάνουμε αυτό για κάθε 3 τιμές V , I και r προκύπτει ο παρακάτω πίνακας (Πίνακας 3):

$e/m (r_1)$	$e/m (r_2)$	$e/m (r_3)$	$e/m (r_4)$
$2.03368 \cdot 10^{11}$	$1.34209 \cdot 10^{11}$	-	$5.91616 \cdot 10^{10}$
$1.6201 \cdot 10^{11}$	$9.87487 \cdot 10^{10}$	$6.24894 \cdot 10^{10}$	$5.40649 \cdot 10^{10}$
$1.26132 \cdot 10^{11}$	$7.84821 \cdot 10^{10}$	$5.76603 \cdot 10^{10}$	$5.30475 \cdot 10^{10}$
$1.09631 \cdot 10^{11}$	$6.02647 \cdot 10^{10}$	$5.33728 \cdot 10^{10}$	-
$9.21046 \cdot 10^{10}$	$5.8779 \cdot 10^{10}$	$5.19564 \cdot 10^{10}$	-
$7.87516 \cdot 10^{10}$	$5.51261 \cdot 10^{10}$	-	-
$6.99881 \cdot 10^{10}$	$5.33243 \cdot 10^{10}$	-	-

Πίνακας 3: Τιμές του λόγου e/m χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του πίνακα 2 και της αντίστοιχες ακτίνες.

Για να βρούμε μια τιμή του λόγου e/m το μόνο που θα πρέπει να κάνουμε είναι να βρούμε τον μέσο όρο των τιμών για κάθε ακτίνα, δηλαδή θα χρειαστεί να χρησιμοποιήσουμε την παρακάτω σχέση:

$$\frac{e}{m} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N (e/m)_i = \frac{1}{21} \sum_{i=0}^{21} (e/m)_i$$

Όπου:

N ο συνολικός αριθμός των τιμών e/m του πίνακα 3. Με εύκολες μαθηματικές πράξεις αποδεικνύεται ότι:

$$\frac{e}{m} = 84412914110 \cong 0.84413 \cdot 10^{11} \frac{\text{C}}{\text{kg}} \Rightarrow \frac{e}{m} = 0.84413 \cdot 10^{11} \text{ C/kg}$$

Σφάλματα:

Καταρχάς λόγω των οργάνων που χρησιμοποιήθηκαν παρατηρούμε τα παρακάτω σφάλματα στις τιμές των V , I και r (Πίνακας 4).

σ_V	σ_I	σ_r
± 1	± 0.01	± 0.001

Πίνακας 4: Σφάλματα τιμών V , I και r .

Στις μετρήσεις της τιμής της διαφοράς δυναμικού V το σφάλμα θα ισούται με $\sigma_V = \pm 1V$ και αυτό διότι το βολτόμετρο αυτό ήταν αναλογικό και το σφάλμα είναι \pm της μικρότερης υποδιαίρεσης όπου στο συγκεκριμένο η μικρότερη υποδιαίρεση ήταν τα 1 V, επιπλέον στην τιμή της έντασης ρεύματος I επειδή το αμπερόμετρο ήταν ψηφιακό το σφάλμα στις τιμές θα ισούται με $\sigma_V = \pm 0.01 A$. Τέλος το σφάλμα στην ακτίνα r αποδίδεται στο πάχος κάθε στυλίσκου το οποίο πάχος ισούται περίπου με 2 χιλιοστά άρα το σφάλμα της θα είναι το μισό $\sigma_V = \pm 0.001 m$.

Για να βρούμε τα σφάλματα των τιμών του λόγου e/m του πίνακα 3 θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε την σχέση 1.7, πριν όμως χρησιμοποιήσουμε την σχέση αυτή θα χρειαστεί να βρούμε της μερικές παραγώγους την σχέσης 1.8 για της οποίες ευκολά αποδεικνύει κάνεις ότι είναι οι παρακάτω:

$$\frac{\partial e/m}{\partial V} = 4.16596 \cdot 10^6 \cdot \frac{1}{I^2 \cdot r^2} \quad (1.9)$$

$$\frac{\partial e/m}{\partial I} = -8.33192 \cdot 10^6 \cdot \frac{V}{I^3 \cdot r^2} \quad (2)$$

$$\frac{\partial e/m}{\partial V} = -8.33192 \cdot 10^6 \cdot \frac{V}{I^2 \cdot r^3} \quad (2.1)$$

Σύμφωνα λοιπόν με την σχέση 1.7, της 3 σχέσεις 1.9, 2 και 2.1 και τους πίνακες 2 και 4 και με πολλές πράξεις καταλήγουμε στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 5) ο οποίος περιέχει της τιμές σφάλματος των τιμών e/m του πίνακα 2:

$\sigma (e/m_{r1})$	$\sigma (e/m_{r2})$	$\sigma (e/m_{r3})$	$\sigma (e/m_{r4})$
21479113306	9582213862	-	2720444046
16987151386	7021753429	4616904265	2396868713
13201590001	5549162153	4003378115	2285699164
11394891693	4264742920	3541052214	-
9548788790	4095180284	3322314620	-
8146363412	3808098751	-	-
7216211602	3656252310	-	-

Πίνακας 5: Σφάλματα τιμών e/m του πίνακα 2.

Το τελικό σφάλμα της τιμής του λόγου e/m θα βρεθεί από τον μέσο όρο των τιμών του πίνακα 5, ευκολά κάνεις αποδεικνύει ότι η τιμή αυτή θα ισούται με:

$$\sigma_{e/m} = \pm 7087532145 \cong \pm 0.070875 \cdot 10^{11} \Rightarrow \sigma_{\frac{e}{m}} = \pm \mathbf{0.070875 \cdot 10^{11}}$$

Οπότε τελικά η τιμή του λόγου e/m θα ισούται με:

$$\frac{e}{m} = \mathbf{0.84413 \cdot 10^{11} \pm 0.070875 \cdot 10^{11} \text{ C/kg}}$$

Εάν συγκρίνουμε την τιμή αυτή με την τιμή της βιβλιογραφίας ($e/m = 1,758 \cdot 10^{11}$) θα παρατηρήσουμε μια μικρή απόκλιση, συγκεκριμένα η τιμή που βρήκαμε είναι μικρότερη κατά περίπου $0.9 \cdot 10^{11} \text{ C/kg}$. Για την απόκλιση αυτή μπορεί να ευθύνονται πολλοί παράγοντες, μερικοί από αυτούς είναι οι έξι: Ακρίβεια των οργάνων (η οποία συμπεριλήφθηκε στο $\sigma_{e/m}$), συστηματικά σφάλματα, ανθρωπινά αλλά και τυχαία σφάλματα. Παρόλα αυτά η απόκλιση αυτή δεν είναι τεράστια σε μέγεθος γι' αυτό και μπορούμε να θεωρήσουμε πως με το παραπάνω πείραμα υπολογίσαμε την τιμή του λόγου e/m με σχετικά μεγάλη ακρίβεια.

Συμπέρασμα

Με βάση την πειραματική διάταξη που αναπτύξαμε για τη μέτρηση του λόγου e/m του ηλεκτρονίου, καταφέραμε να προσεγγίσουμε με μεγάλη ακρίβεια την πραγματική τιμή αυτού του σημαντικού φυσικού ποσού. Αν και παρατηρήθηκε μια μικρή απόκλιση στην τιμή του λόγου μας σε σύγκριση με τη βιβλιογραφική τιμή, η πειραματική μας τιμή βρέθηκε πολύ κοντά στην πραγματική. Αυτό το αποτέλεσμα ενισχύει την αξιοπιστία της μεθόδου μας και επιβεβαιώνει την αποτελεσματικότητα της πειραματικής προσέγγισης που χρησιμοποιήθηκε. Η δυνατότητά μας να μετρήσουμε με ακρίβεια τον λόγο e/m του ηλεκτρονίου είναι κρίσιμη για την κατανόηση της φύσης αυτού του σωματιδίου και των φυσικών φαινομένων που το περιβάλλουν, καθώς το ηλεκτρόνιο αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά σωματίδια στη φυσική, η ορθή κατανόησή του είναι απαραίτητη για την εξέλιξη σε πολλούς επιστημονικούς κλάδους.