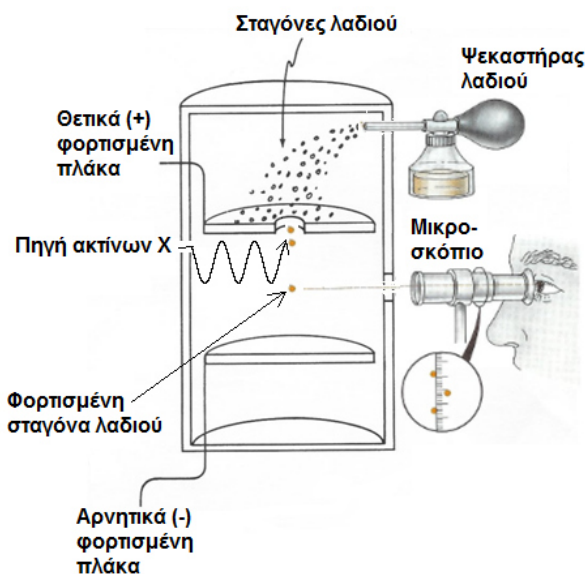


3. Πώς υπολόγισε ο Millikan (1909) την απόλυτη τιμή του φορτίου (e) και τη μάζα (m) του ηλεκτρονίου;

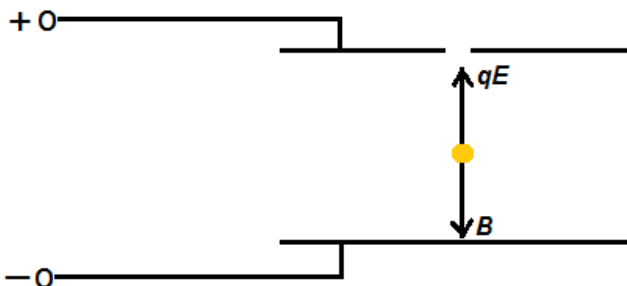
Στο πείραμα της σταγόνας λαδιού του Millikan, ένας ψεκαστήρας εισάγει, στον άνω θάλαμο της συσκευής, ένα νέφος λεπτότατων σταγονιδίων λαδιού γνωστού ειδικού βάρους ϵ . Από τις σταγόνες που πέφτουν, μερικές περνούν μέσω μιας μικρής οπής στον θάλαμο παρατήρησης, όπου ο ερευνητής παρακολουθεί την πτώση μιας σταγόνας με τη βοήθεια μικροσκοπίου. Κάποιες από τις σταγόνες αυτές έχουν προσλάβει ένα ή περισσότερα ηλεκτρόνια, τα οποία έχουν ελευθερωθεί από την πρόσπτωση ακτίνων X πάνω σε μόρια αέρα (ή λόγω τριβής μέσα στον ψεκαστήρα). Έτσι, οι σταγόνες τώρα είναι αρνητικά φορτισμένες.



Σχήμα 3.1 Το πείραμα της σταγόνας λαδιού του Millikan.

Με την εφαρμογή τάσεως στις πλάκες (οπλισμούς) του πυκνωτή, το σχηματιζόμενο ηλεκτρικό πεδίο εξασκεί πάνω σε κάθε σταγονίδιο μια δύναμη ίση με qE (q = το φορτίο του σταγονιδίου και E η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου). Αν στη συνέχεια η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου ρυθμισθεί έτσι ώστε η δύναμη qE να εξουδετερώνει το βάρος B του σταγονιδίου, τότε αυτό θα αιωρείται ανάμεσα στις δύο πλάκες (Σχήμα 3.2) και θα ισχύει $qE = B$ και επειδή το βάρος B ισούται με τον όγκο V (όγκος σφαίρας) επί το ειδικό βάρος ϵ , η σχέση αυτή γίνεται

$$qE = \frac{4}{3} \pi r^3 \epsilon \Rightarrow q = \frac{4\pi r^3 \epsilon}{3E} \quad (3.1)$$



Σχήμα 3.2 Η δύναμη qE που εξασκείται από το ηλεκτρικό πεδίο πάνω στο φορτισμένο σταγονίδιο αντισταθμίζει το βάρος B του σταγονιδίου.

Η ακτίνα r του σταγονιδίου βρίσκεται με δεύτερη μέτρηση και αφού διακόψουμε το ηλεκτρικό πεδίο, οπότε το σταγονίδιο αποκτά, λόγω τριβής με τον αέρα, ορική ταχύτητα u_{op} . Για την ομαλή αυτή πτώση ισχύει ο τύπος του Stokes:

$$\frac{4}{3} \pi r^3 \varepsilon = 6 \pi \eta u_{op} \quad \text{ή} \quad \frac{4}{3} r^3 \varepsilon = 6 \eta u_{op} \quad (3.2)$$

Σε αυτή την εξίσωση, ο συντελεστής τριβής η έχει βρεθεί από άλλα πειράματα και θεωρείται γνωστός. Την ορική ταχύτητα μπορεί να την μετρήσει ο ερευνητής με τη βοήθεια του μικροσκοπίου παρατήρησης (Σχήμα 3.1), δηλαδή μετρώντας με ένα χρονόμετρο τον χρόνο t που χρειάζεται το υπό παρατήρηση σταγονίδιο για να διανύσει, κατά την ομαλή πτώση του, την απόσταση s που βλέπει μέσω του μικροσκοπίου ($u_{op} = s/t$). Έτσι, ο μόνος άγνωστος στην Εξίσωση 3.2, η ακτίνα r του σταγονιδίου, υπολογίζεται με αντικατάσταση των πειραματικών τιμών των ε , η και u_{op} .

Επειδή ένα σταγονίδιο μπορεί να έχει προσλάβει περισσότερα από ένα ηλεκτρόνια, τα υπολογιζόμενα με βάση την Εξίσωση 3.1 φορτία δεν είναι τα ίδια, αποτελούν όμως όλα ακέραιο πολλαπλάσιο μιας ελάχιστης τιμής. Η ελάχιστη αυτή τιμή ($= 1,6022 \times 10^{-19} \text{ C}$) είναι ακριβώς ίση με το **στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο e** .

Η μάζα m του ηλεκτρονίου υπολογίζεται τώρα από τη σχέση που είχε βρει μερικά χρόνια νωρίτερα ο J.J. Thomson:

$$\frac{e}{m} = -1,759 \times 10^8 \text{ C g}^{-1} \quad \Rightarrow$$

$$m = \frac{e}{-1,759 \times 10^8 \text{ C g}^{-1}} = \frac{-1,6022 \times 10^{-19} \text{ C}}{-1,759 \times 10^8 \text{ C g}^{-1}} = 9,109 \times 10^{-28} \text{ g}$$

Παράδειγμα

Το φορτίο του e σε έναν άλλο πλανήτη ...

Ένας χημικός σε κάποιο μακρινό πλανήτη του γαλαξία μας εκτέλεσε το πείραμα της σταγόνας λαδιού του Millikan και συνέλλεξε τα ακόλουθα αποτελέσματα για το φορτίο τεσσάρων σταγόνων:

$2,56 \times 10^{-12}$ zertons	$7,68 \times 10^{-12}$ zertons
$3,84 \times 10^{-12}$ zertons	$6,40 \times 10^{-13}$ zertons

Πόσο είναι το φορτίο του ηλεκτρονίου σε zertons (αντί Coulombs);

Απάντηση

Εξετάζοντας προσεκτικά τις 4 πειραματικές τιμές, διαπιστώνουμε ότι οι τρεις πρώτες είναι ακέραια πολλαπλάσια της τέταρτης ελάχιστης τιμής $6,40 \times 10^{-13}$ zertons:

$$2,56 \times 10^{-12} \text{ zertons} / 6,40 \times 10^{-13} = 4 \qquad 3,84 \times 10^{-12} \text{ zertons} / 6,40 \times 10^{-13} = 6$$

$$7,68 \times 10^{-12} \text{ zertons} / 6,40 \times 10^{-13} = 12$$

Αν ο χημικός κάνει επιπλέον πειράματα και δεν βρει τιμή φορτίου μικρότερη του $6,40 \times 10^{-13}$ zertons, τότε μπορεί να συμπεράνει ότι το φορτίο του ηλεκτρονίου είναι $6,40 \times 10^{-13}$ zertons.



Robert Andrews Millikan (1868-1953)
Διαπρεπής Αμερικανός Φυσικός.

Ιδιαίτερα γνωστός από την εκτέλεση του περίφημου πειράματος της σταγόνας λαδιού, το οποίο του επέτρεψε την άμεση μέτρηση του φορτίου του ηλεκτρονίου. Γι' αυτό το επίτευγμά του, καθώς και τις εργασίες του για το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, τιμήθηκε το 1923 με το Βραβείο Νομπέλ Φυσικής.