

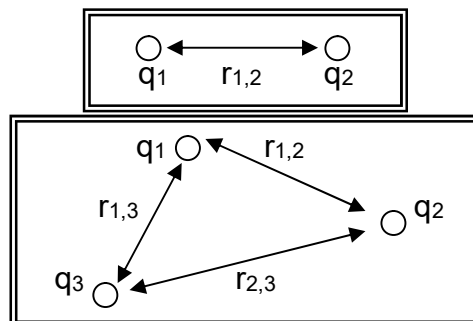
Κίνηση σε μη ομογενές ηλεκτρικό πεδίο

➤ Ηλεκτρική Δυναμική Ενέργεια Συστήματος Φορτίων – U_H

Οφείλεται στην αλληλεπίδραση των φορτίων και εκφράζει την απαιτούμενη ενέργεια ώστε τα φορτία να μεταφερθούν σε πολύ μακρινές αποστάσεις στις οποίες πρακτικά δε θα αλληλεπιδρούν.

α) Για 2 φορτία: $U_H = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r_{1,2}}$

β) Για 3 φορτία: $U_H = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r_{1,2}} + K \frac{q_1 \cdot q_3}{r_{1,3}} + K \frac{q_2 \cdot q_3}{r_{2,3}}$



➤ Βαρυτική Δυναμική Ενέργεια Συστήματος Φορτίων – U_B

Οφείλεται στην αλληλεπίδραση της μάζας με τη γη και εκφράζει την αποθηκευμένη ενέργεια που έχει η μάζα λόγω του ότι βρίσκεται σε κάποιο ύψος. Για ένα σώμα μάζας m σε ύψος h :

$$U_B = mgh$$

➤ Κινητική Ενέργεια – K

Οφείλεται στην ενέργεια που έχει ένα σώμα μάζας m λόγω της κινητικής του κατάστασης. Για ένα σώμα μάζας m με ταχύτητα u :

$$K = \frac{1}{2} mu^2$$

➤ Αρχή Διατήρησης της Ορμής (Α.Δ.Ο.)

Σε ένα σύστημα σωμάτων στο οποίο δε δρουν εξωτερικές δυνάμεις (απομονωμένο) η συνολική ορμή του συστήματος παραμένει σταθερή, δηλαδή,

$$P_{APX}^{OL} = P_{TEL}^{OL}$$

➤ Αρχή Διατήρησης της Μηχανικής Ενέργειας (Α.Δ.Μ.Ε.)

Σε ένα σύστημα σωμάτων στο οποίο δρουν συντηρητικές δυνάμεις η μηχανική ενέργεια του συστήματος παραμένει σταθερή, δηλαδή,

$$E_{APX}^{OL} = E_{TEL}^{OL}$$

ή

$$K_{APX}^{OL} + U_{H,APX}^{OL} + U_{B,APX}^{OL} = K_{TEL}^{OL} + U_{H,TEL}^{OL} + U_{B,TEL}^{OL}$$

➤ Συντηρητικές Δυνάμεις

Ονομάζονται οι δυνάμεις των οποίων το έργο για τη μετακίνηση ενός σώματος από μία αρχική θέση σε μία τελική δεν εξαρτάται από τη διαδρομή παρά μόνο από την αρχική και τελική θέση του σώματος. Το έργο των δυνάμεων αυτών είναι μηδέν όταν η διαδρομή είναι κλειστή, δηλαδή, η αρχική και η τελική θέση συμπίπτουν.

Παραδείγματα συντηρητικών δυνάμεων είναι:

i) Το βάρος, με έργο που υπολογίζεται από τον τύπο:

$$W_{A \rightarrow B} = mg(h_B - h_A)$$

ii) Η ηλεκτρική δύναμη Coulomb, με έργο που υπολογίζεται από τον τύπο:

$$W_{A \rightarrow B} = q(V_A - V_B)$$

Κίνηση σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο

➤ Επιτάχυνση ηλεκτρονίου σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο πυκνωτή

Η ένταση στο ομογενές πεδίο ενός πυκνωτή είναι σταθερή ($E = \text{σταθ.}$)



Ένα ηλεκτρόνιο με φορτίο κατά απόλυτη τιμή e θα δεχτεί σταθερή δύναμη $F = E \cdot e$ με κατεύθυνση αντίθετη της έντασης αφού είναι αρνητικά φορτισμένο ($\vec{F} \uparrow \downarrow \vec{E}$)



Η σταθερή δύναμη στο ηλεκτρόνιο προκαλεί σταθερή επιτάχυνση με μέτρο:

$$\alpha = \frac{F}{m} \quad \text{ή} \quad \alpha = \frac{E \cdot e}{m} \quad \text{ή} \quad \alpha = \frac{V \cdot e}{d \cdot m}$$

Στο διπλανό σχήμα φαίνονται τα σχετικά μεγέθη:

V : Η διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους οπλισμούς

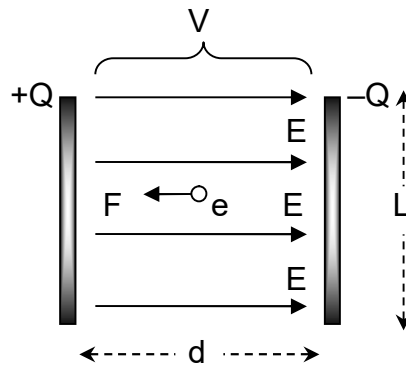
E : Η ένταση του ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου

F : Η σταθερή δύναμη που δέχεται το ηλεκτρόνιο

d : Η απόσταση των οπλισμών

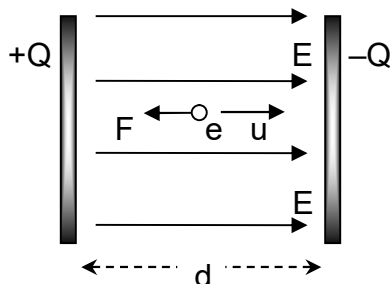
L : Το μήκος των οπλισμών

Q : Το φορτίο του πυκνωτή



➤ Κίνηση ηλεκτρονίου με ταχύτητα παράλληλη στις δυναμικές γραμμές του πεδίου

i) Ταχύτητα ομόρροπη με την ένταση

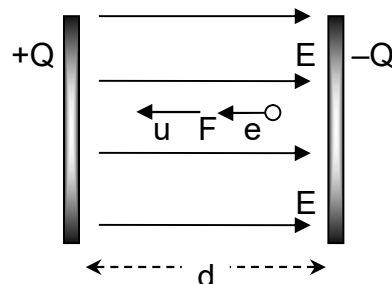


Επειδή $\vec{u} \uparrow \uparrow \vec{E}$ η κίνηση είναι ομαλά επιβραδυνόμενη με εξισώσεις κίνησης:

$$u = u_0 - at$$

$$S = u_0 t - \frac{1}{2} at^2$$

ii) Ταχύτητα αντίρροπη με την ένταση



Επειδή $\vec{u} \uparrow \downarrow \vec{E}$ η κίνηση είναι ομαλά επιταχυνόμενη με εξισώσεις κίνησης:

$$u = u_0 + at$$

$$S = u_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

Στη δεύτερη περίπτωση αν θεωρήσουμε ότι το ηλεκτρόνιο αφήνεται από τον αρνητικό οπλισμό χωρίς αρχική ταχύτητα ($u_0 = 0 \text{ m/s}$), τότε:

• Διανύει την απόσταση d σε χρόνο:

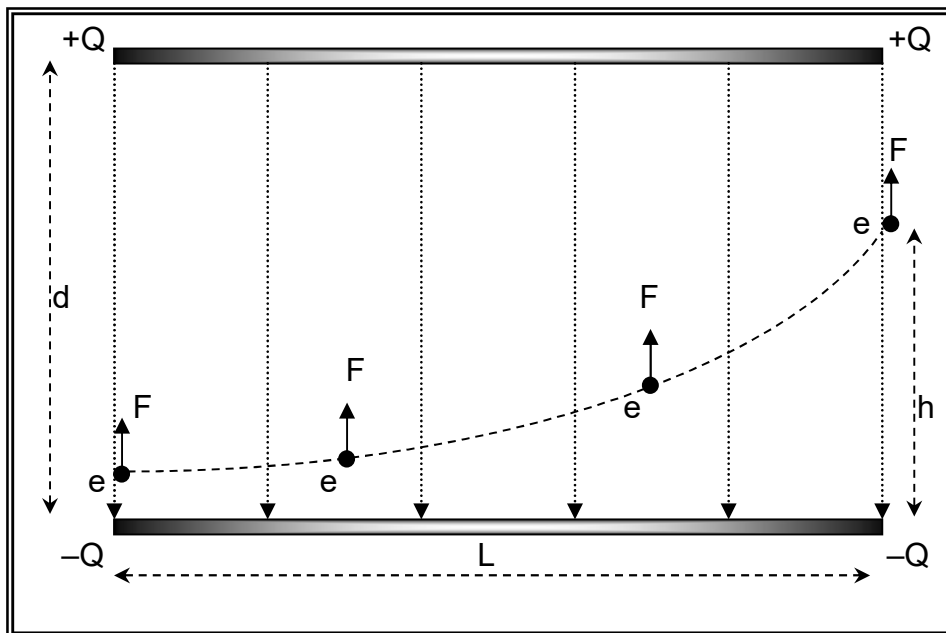
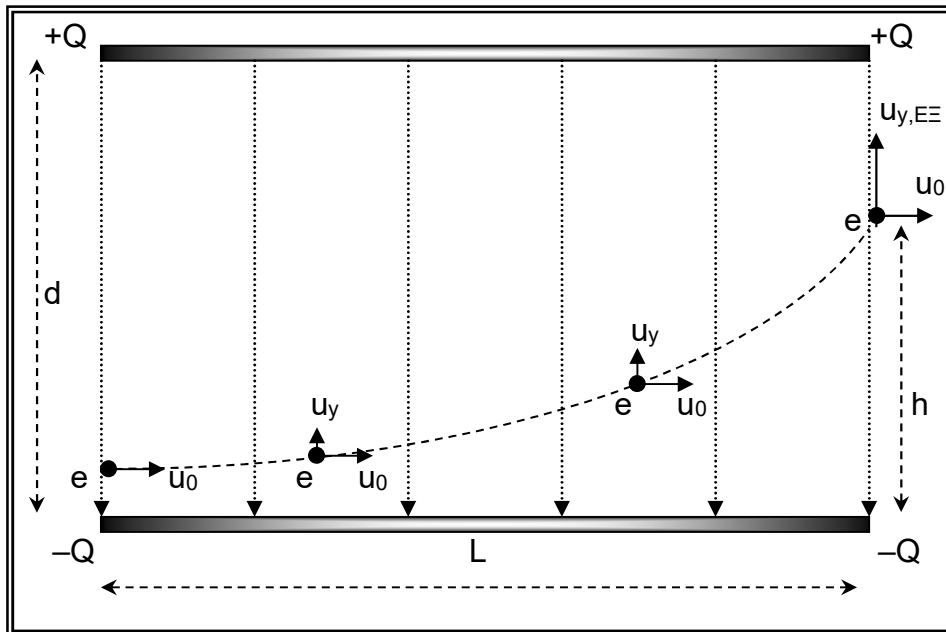
$$S = \frac{1}{2} at^2 \quad \xRightarrow{S=d} \quad d = \frac{1}{2} at^2 \quad \Rightarrow \quad 2d = at^2 \quad \Rightarrow \quad \frac{2d}{a} = t^2 \quad \Rightarrow \quad t = \sqrt{\frac{2d}{a}}$$

• Φτάνει στο θετικό οπλισμό με ταχύτητα:

$$u = at \quad \Rightarrow \quad u = a \sqrt{\frac{2d}{a}} \quad \Rightarrow \quad u = \sqrt{a^2 \frac{2d}{a}} \quad \Rightarrow \quad u = \sqrt{2ad}$$

➤ **Κίνηση ηλεκτρονίου που εισέρχεται στο πεδίο με ταχύτητα κάθετη στις δυναμικές γραμμές**

- Σε όλη τη διάρκεια της κίνησης το ηλεκτρόνιο δέχεται δύναμη αντίθετης κατεύθυνσης με την ένταση του ομογενούς πεδίου, η οποία στο συγκεκριμένο σχήμα έχει φορά προς τα πάνω, δηλαδή προς το θετικό οπλισμό.



• **Εξισώσεις κίνησης.**

Στον οριζόντιο άξονα x, είναι $\Sigma F_x = 0 \text{ N}$, άρα, η κίνηση είναι ομαλή:

$$u_x = u_0 \quad \text{και} \quad x = u_0 t$$

Στον κατακόρυφο άξονα y, είναι $\Sigma F_y = E \cdot e$, άρα, η κίνηση είναι ομαλά επιταχυνόμενη:

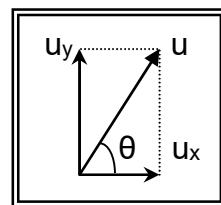
$$u_y = at \quad \text{και} \quad y = \frac{1}{2} at^2$$

Η ταχύτητα κάθε στιγμή θα έχει μέτρο:

$$u = \sqrt{u_x^2 + u_y^2} \Rightarrow u = \sqrt{u_0^2 + (at)^2}$$

Η γωνία της ταχύτητας με τον οριζόντιο άξονα θα είναι:

$$\epsilon\phi\theta = \frac{u_y}{u_x} \Rightarrow \epsilon\phi\theta = \frac{at}{u_0}$$



• *Χρόνος εξόδου από το πεδίο $t_{E\Xi}$ (ή χρόνος παραμονής μέσα στο πεδίο).*

Για να βγει το ηλεκτρόνιο από το πεδίο πρέπει να διανύσει οριζόντια απόσταση L . Η ταχύτητά του στον οριζόντιο άξονα είναι u_0 , άρα,

$$t_{E\Xi} = \frac{L}{u_0}$$

• *Ταχύτητα εξόδου και γωνία εξόδου.*

Στις εξισώσεις για την ταχύτητα και τη γωνία θέτουμε $t=t_{E\Xi}$, άρα,

$$u_{E\Xi} = \sqrt{u_0^2 + (at_{E\Xi})^2} \quad \text{και} \quad \epsilon\phi\theta_{E\Xi} = \frac{at_{E\Xi}}{u_0}$$

• *Κατακόρυφη απόκλιση h στο σημείο εξόδου.*

Στην κατακόρυφη απομάκρυνση y θέτουμε $t=t_{E\Xi}$, άρα,

$$h = \frac{1}{2}at_{E\Xi}^2$$

• *Έργο της ηλεκτρικής δύναμης Coulomb κατά τη διάρκεια της κίνησης του ηλεκτρονίου μέσα στο πεδίο.*

Αν V_0 και $V_{E\Xi}$ είναι το δυναμικό του πεδίου στο σημείο εισόδου και εξόδου αντίστοιχα τότε,

$$W = -e(V_0 - V_{E\Xi})$$

Επίσης, αν u_0 και $u_{E\Xi}$ είναι η ταχύτητα του ηλεκτρονίου στο σημείο εισόδου και εξόδου αντίστοιχα, τότε από το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας (Θ.Μ.Κ.Ε.),

$$W = \frac{1}{2}mu_{E\Xi}^2 - \frac{1}{2}mu_0^2$$

• *Διαφορά δυναμικού ανάμεσα στο σημείο εισόδου και το σημείο εξόδου.*

Αν V_0 και $V_{E\Xi}$ είναι το δυναμικό του πεδίου στο σημείο εισόδου και εξόδου αντίστοιχα τότε αν η κατακόρυφη απόκλιση είναι h και η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου E ,

$$V_0 - V_{E\Xi} = -E \cdot h$$

• *Εξίσωση τροχιάς.*

Αν από τις εξισώσεις κίνησης $x = u_0 t$ και $y = \frac{1}{2}at^2$ γίνει απαλοιφή του χρόνου t , τότε,

επειδή $t = \frac{x}{u_0}$ το y θα γίνει,

$$y = \frac{1}{2}a\left(\frac{x}{u_0}\right)^2 \Rightarrow y = \frac{1}{2}\frac{a}{u_0^2}x^2$$

Η εξίσωση αυτή περιγράφει μία παραβολή, άρα, η τροχιά του ηλεκτρονίου μέσα στο πεδίο είναι παραβολική.