

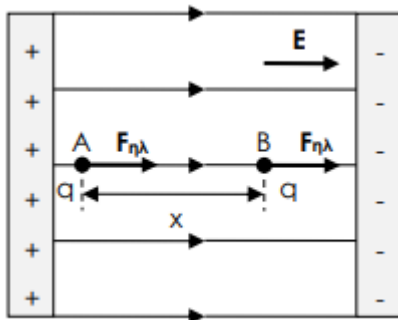


## Ομογενές ηλεκτρικό πεδίο

Ένα ηλεκτρικό πεδίο ονομάζεται ομογενές, όταν η ένταση του έχει σταθερό μέτρο και σταθερή κατεύθυνση σε οποιοδήποτε σημείο του, δημιουργείται συνήθως στην περιοχή ανάμεσα σε δύο επίπεδες λεπτές μεταλλικές πλάκες οι οποίες είναι τοποθετημένες παράλληλα μεταξύ τους και είναι φορτισμένες με αντίθετα ηλεκτρικά φορτία. Οι δυναμικές γραμμές ενός ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου είναι ευθείες παράλληλες και ισαπέχουσες μεταξύ τους με φορά από τη θετικά φορτισμένη μεταλλική πλάκα προς την απέναντι αρνητικά φορτισμένη μεταλλική πλάκα.

### Σχέση έντασης και διαφοράς δυναμικού στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο

Έστω δύο σημεία A, B ενός ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου σταθερής έντασης μέτρου E. Υποθέτουμε ότι τα δύο σημεία βρίσκονται πάνω στην ίδια δυναμική γραμμή και σε απόσταση x μεταξύ τους, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Τοποθετούμε στο σημείο A ένα θετικό σημειακό δοκιμαστικό φορτίο q και το αφήνουμε ελεύθερο. Στην περίπτωση αυτή το δοκιμαστικό φορτίο q δέχεται σταθερή ηλεκτρική δύναμη  $F_{\eta\lambda}$  από το ηλεκτρικό πεδίο της οποίας το μέτρο υπολογίζεται ως εξής:

$$E = \frac{F_{\eta\lambda}}{q} \Leftrightarrow F_{\eta\lambda} = q \cdot E$$

Το δοκιμαστικό φορτίο q δεχόμενο την ηλεκτρική δύναμη θα κινηθεί με φορά από το σημείο A προς το σημείο B. Το έργο  $W_{F_{\eta\lambda}(A \rightarrow B)}$  της ηλεκτρικής δύναμης για τη μετακίνηση του δοκιμαστικού φορτίου q από το σημείο A στο σημείο B υπολογίζεται από τη σχέση:

$$W_{F_{\eta\lambda}(A \rightarrow B)} = F_{\eta\lambda} \cdot x \Leftrightarrow W_{F_{\eta\lambda}(A \rightarrow B)} = q \cdot E \cdot x \quad (1)$$

Όμως, σύμφωνα με τον ορισμό της διαφοράς δυναμικού  $V_{AB}$  μεταξύ των σημείων A και B του ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου, ισχύει ότι:

$$V_{AB} = \frac{W_{F_{\eta\lambda}(A \rightarrow B)}}{q} \Leftrightarrow W_{F_{\eta\lambda}(A \rightarrow B)} = q \cdot V_{AB} \quad (2)$$

Από τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει ότι:

$$q \cdot E \cdot x = q \cdot V_{AB} \Leftrightarrow E \cdot x = V_{AB} \Leftrightarrow$$

$$E = \frac{V_{AB}}{x}$$

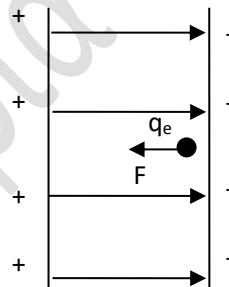
Από την παραπάνω σχέση συμπεραίνουμε ότι το μέτρο της σταθερής έντασης  $E$  ενός ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου ισούται με το πηλίκο της διαφοράς δυναμικού μεταξύ δύο σημείων του πεδίου προς την απόσταση των δύο σημείων. Από το αποτέλεσμα αυτό προκύπτει επίσης ότι μία εναλλακτική μονάδα μέτρησης της έντασης ενός ηλεκτρικού πεδίου είναι το Volt/m (Volt ανά μέτρο). Η μονάδα μέτρησης Volt/m είναι ακριβώς ίδια με τη μονάδα N/C.

## Κίνηση φορτισμένων σωματιδίων σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο

### A. Κίνηση χωρίς αρχική ταχύτητα

Ηλεκτρόνιο αφήνεται κοντά στην αρνητική πλάκα, μεταξύ δύο πλακών όπου σχηματίζεται ομογενές ηλεκτρικό πεδίο. Το ηλεκτρόνιο δέχεται δύναμη  $\vec{F} = \vec{E} q_e$  από το ηλεκτρικό πεδίο, η οποία είναι σταθερή διότι η ένταση ηλεκτρικού πεδίου είναι σταθερή. Η δύναμη είναι σταθερή και η προκαλούμενη από αυτή επιτάχυνση είναι σταθερή δηλαδή:

$$\vec{F} = m_e \cdot \vec{\alpha} \Rightarrow \vec{\alpha} = \frac{\vec{F}}{m_e} \Rightarrow \vec{\alpha} = \frac{\vec{E} q_e}{m_e}$$



Η κίνηση του ηλεκτρονίου είναι ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση χωρίς αρχική ταχύτητα.

Ισχύουν οι σχέσεις:  $v = \alpha \cdot t$

$$x = \frac{1}{2} \alpha t^2$$

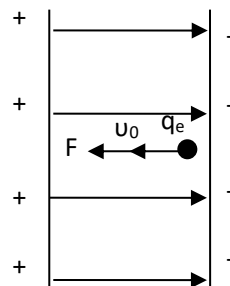
### B. Κίνηση με αρχική ταχύτητα $u_0$ παράλληλη στις δυναμικές γραμμές.

Το σωματίδιο θα κινηθεί με σταθερή επιτάχυνση οπότε εκτελεί ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση

α) αν τα διανύσματα  $\vec{v}_0$  και  $\vec{F}$  είναι ομόρροπα τότε το σωματίδιο εκτελεί ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση:

$$u = u_0 + \alpha t$$

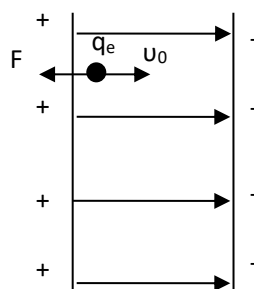
$$x = u_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$$



β) αν τα διανύσματα  $\vec{v}_0$  και  $\vec{F}$  είναι αντίρροπα τότε το σωματίδιο εκτελεί ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση με εξισώσεις:

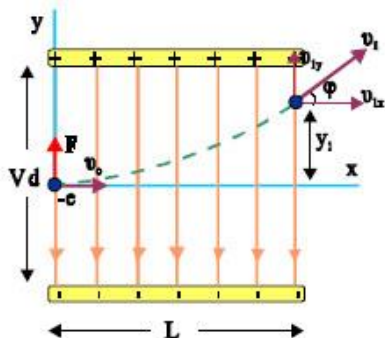
$$v = v_0 - at$$

$$x = v_0 t - \frac{1}{2} at^2$$



### Κίνηση με αρχική ταχύτητα κάθετη στις δυναμικές γραμμές

Θεωρούμε ότι οι παράλληλες μεταλλικές πλάκες του σχήματος είναι φορτισμένες με φορτία  $+q$  και  $-q$ , έχουν μήκος  $L$ , απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $d$  και η διαφορά δυναμικού τους είναι  $V$ . Ένα ηλεκτρόνιο εισέρχεται με αρχική ταχύτητα  $v_0$  κάθετη στις δυναμικές γραμμές του ομογενούς πεδίου που σχηματίζεται ανάμεσα στις πλάκες. Το ηλεκτρόνιο κατά την κίνησή του μέσα στο ομογενές πεδίο δέχεται σταθερή δύναμη  $F$ .



Για τη μελέτη μιας τέτοιας κίνησης θα εφαρμόσουμε την **αρχή της ανεξαρτησίας των κινήσεων**.

Διαλέγουμε δύο άξονες πάνω στους οποίους αναλύουμε την κίνηση. Εδώ θα επιλέξουμε έναν άξονα παράλληλο στις δυναμικές γραμμές κι έναν κάθετο σ' αυτές.

Αφού η διαφορά δυναμικού ανάμεσα στις φορτισμένες πλάκες είναι  $V$ , η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου σε οποιοδήποτε σημείο του χώρου μεταξύ των πλακών

είναι  $E = \frac{V}{d}$  (ομογενές πεδίο).

Στον άξονα  $x$  το ηλεκτρόνιο δεν δέχεται δύναμη και έτσι θα κινηθεί ευθύγραμμα ομαλά:

$$v_x = v_0$$

$$x = v_0 t$$

Στον άξονα  $y$  δέχεται καθ' όλη τη διάρκεια της κίνησης μια δύναμη σταθερή, το ηλεκτρόνιο θα εκτελέσει σ' αυτό τον άξονα ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση χωρίς αρχική ταχύτητα με επιτάχυνση

$$a_y = \frac{F}{m_e} = \frac{Ee}{m_e} = \frac{Ve}{dm_e}$$

Και εξισώσεις κίνησης

$$v = a_y t$$

$$y = \frac{1}{2} a_y t^2$$

Από τις σχέσεις αυτές μπορούν να υπολογισθούν:

### 1. Χρόνος παραμονής στο πεδίο

Το ηλεκτρόνιο θα εξέλθει από το πεδίο όταν, στον άξονα  $x$  θα έχει μετατοπιστεί κατά  $L$ . Αν θέσουμε όπου  $x$  το  $L$  και λύσουμε ως προς  $t$  προκύπτει:

$$t_1 = \frac{L}{v_0}$$

### 2. Απόκλιση από την αρχική διεύθυνση κίνησης στην έξοδο

Εάν θέσουμε στη θέση του  $t$  το χρόνο παραμονής στο πεδίο βρίσκουμε την κατακόρυφη απόκλιση  $y$  του ηλεκτρονίου από την αρχική του θέση, κατά την έξοδό του από το πεδίο.

$$y_1 = \frac{1}{2} a_y t_1^2 \quad \text{ή} \quad y_1 = \frac{1}{2} \frac{Ve}{dm_e} \left( \frac{L}{v_0} \right)^2$$

### 3. Το μέτρο της ταχύτητας του σωματιδίου κάθε χρονική στιγμή

$$u = \sqrt{u_x^2 + u_y^2}$$