



Εικόνα: Μητέρα και κόρη απολαμβάνουν την επίδραση της ηλεκτρικής φόρτισης των σωμάτων τους. Κάθε μια ξεχωριστή τρίχα των μαλλιών τους φορτίζεται και προκύπτει μια απωθητική δύναμη μεταξύ των τριχών, με αποτέλεσμα να «σηκώνονται οι τρίχες τους». ☺ (Courtesy of Resonance Research Corporation)

Φυσική για Μηχανικούς

Ηλεκτρομαγνητισμός
Ηλεκτρικά Πεδία



Εικόνα: Μητέρα και κόρη απολαμβάνουν την επίδραση της ηλεκτρικής φόρτισης των σωμάτων τους. Κάθε μια ξεχωριστή τρίχα των μαλλιών τους φορτίζεται και προκύπτει μια απωθητική δύναμη μεταξύ των τριχών, με αποτέλεσμα να «σηκώνονται οι τρίχες τους». ☺ (Courtesy of Resonance Research Corporation)

Φυσική για Μηχανικούς

Ηλεκτρομαγνητισμός
Ηλεκτρικά Πεδία

Ηλεκτρικά Πεδία (επανάληψη...)

- Ο νόμος του Coulomb

- Η ηλεκτρική δύναμη ανάμεσα σε δυο ακίνητα φορτισμένα σωματίδια q_1, q_2 (μηδενικού μεγέθους) που απέχουν απόσταση r μεταξύ τους δίνεται από τη σχέση

$$F_e = k_e \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

όπου k_e είναι η σταθερά του Coulomb

- Σταθερά k_e

- $k_e = 8.987 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$

- Επίσης, γράφεται ως $k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

- όπου $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}$, και λέγεται **διηλεκτρική σταθερά του κενού**

- Το μικρότερο ελεύθερο φορτίο που έχει βρεθεί στη φύση είναι $e = 1.602 \times 10^{-19} C$

Ηλεκτρικά Πεδία (επανάληψη...)

- Ηλεκτρικό πεδίο

- Ηλεκτρικό Πεδίο $\vec{E}$ σε ένα σημείο του χώρου: η ηλεκτρική δύναμη που ασκείται σε ένα σωματίδιο q_0 , δια το φορτίο αυτό

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q_0}$$

- Ένα ηλεκτρικό πεδίο υπάρχει σε ένα σημείο του χώρου αν ένα φορτισμένο σωματίδιο (με μικρό q_0) υφίσταται μια ηλεκτρική δύναμη

$$\vec{F}_e = q_0 \vec{E}$$

- $q_0 > 0, \vec{F}_e \uparrow \vec{E}$, $q_0 < 0, \vec{F}_e \downarrow \vec{E}$
- Το ηλεκτρικό πεδίο $\vec{E}$ σε ένα σημείο P λόγω της παρουσίας **πηγής φορτίου** q δίνεται ως

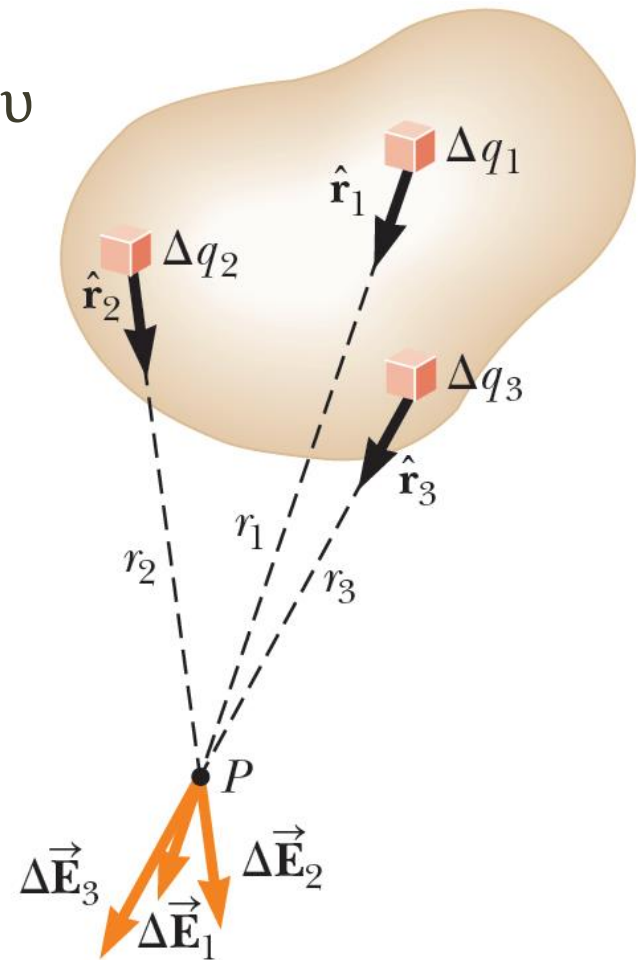
$$\vec{E} = k_e \frac{q}{r^2} \vec{r}$$

- Το μέτρο του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο P δίνεται ως

$$E = k_e \frac{|q|}{r^2}$$

Ηλεκτρικά Πεδία

- Η εξίσωση του ηλεκτρικού πεδίου είναι χρήσιμη για μικρά φορτία
- Πολλές φορές έχουμε μια **κατανομή φορτίου** αντί για σημειακά φορτία
- Σε αυτές τις περιπτώσεις, η περιγραφή του ηλεκτρικού φορτίου είναι **συνεχώς και ομοιόμορφα** κατανεμημένη σε μια ράβδο, επιφάνεια, ή όγκο



Ηλεκτρικά Πεδία

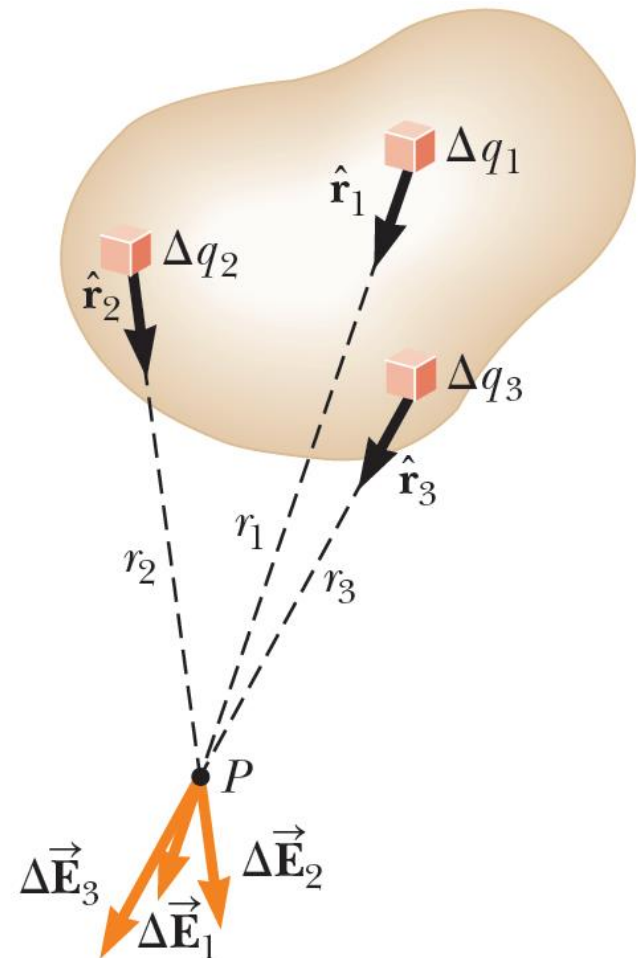
- Προσεγγιστικά

$$\vec{E} \approx k_e \sum_i \frac{\Delta q_i}{r_i^2} \vec{r}_i$$

- Επειδή όμως τα διαφορετικά σημειακά φορτία είναι πάρα πολλά

$$\begin{aligned} \vec{E} &\approx k_e \lim_{\Delta q_i \rightarrow 0} \sum_i \frac{\Delta q_i}{r_i^2} \vec{r}_i \\ &= k_e \int \frac{dq}{r^2} \vec{r} \end{aligned}$$

- Το ολοκλήρωμα είναι διανυσματικό
 - και μπορεί να περιλαμβάνει
 - μια γραμμή
 - μια επιφάνεια
 - ή έναν όγκο.



Ηλεκτρικά Πεδία

- Προς βοήθειά μας, θα ορίσουμε
 - Γραμμική πυκνότητα φορτίου

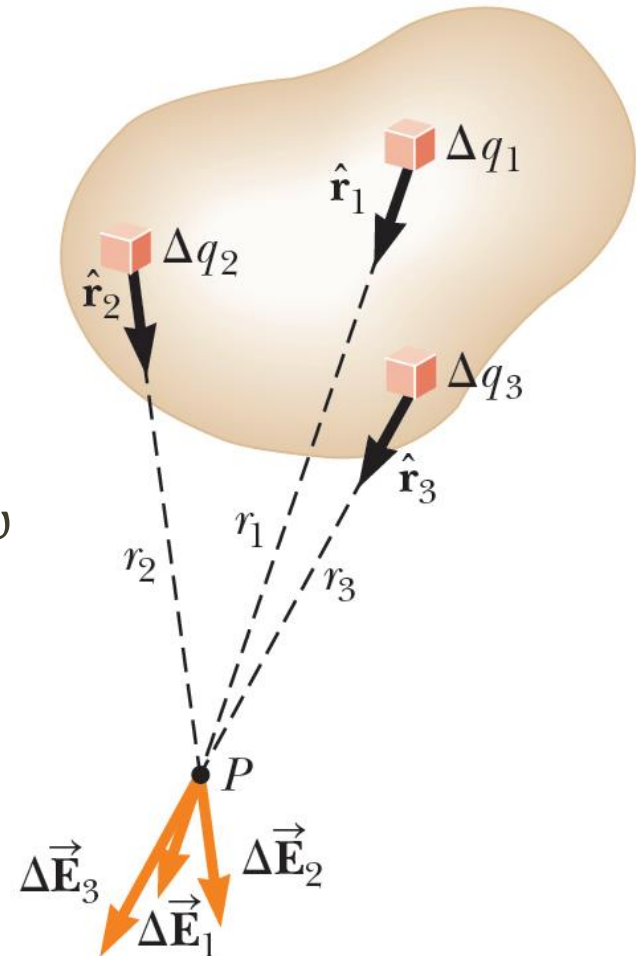
$$\lambda = \frac{Q}{l}$$

- Επιφανειακή πυκνότητα φορτίου

$$\sigma = \frac{Q}{A}$$

- Χωρική πυκνότητα φορτίου

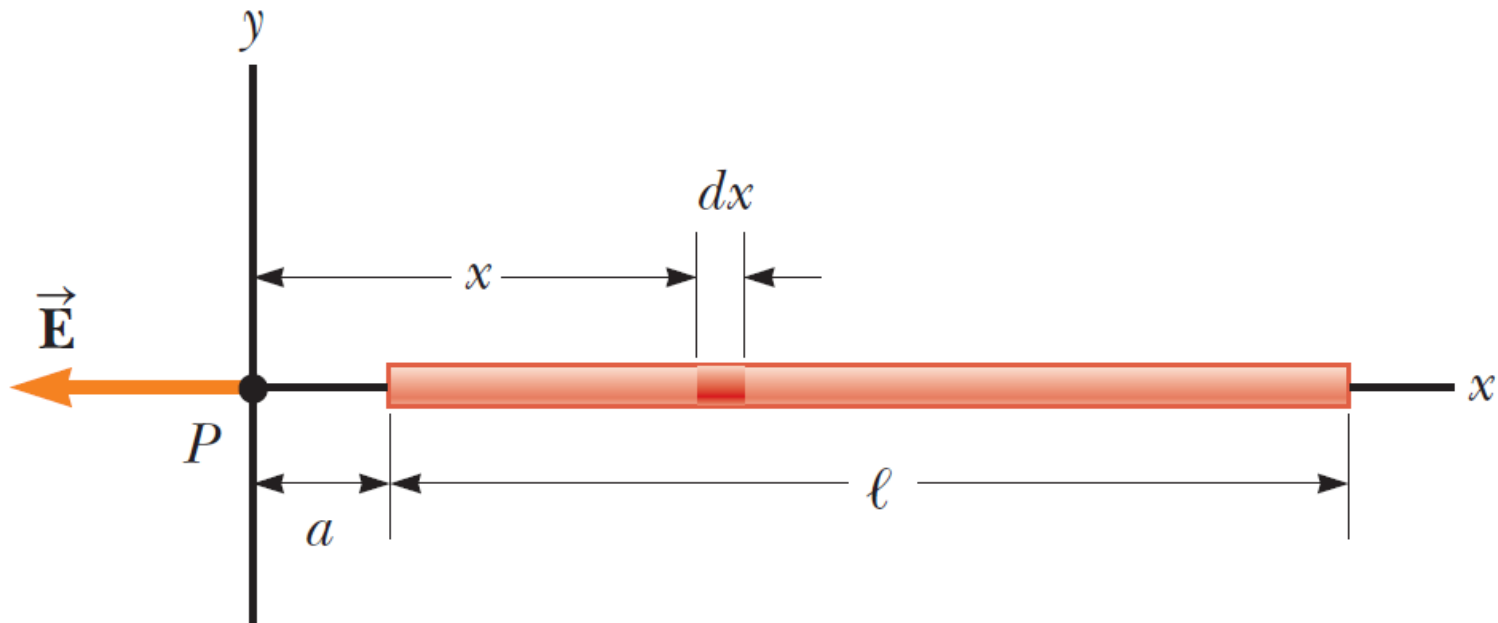
$$\rho = \frac{Q}{V}$$



Ηλεκτρικά Πεδία

◉ Παράδειγμα 1:

- ◉ Μια ράβδος μήκους ℓ έχει ομοιόμορφη κατανομή θετικού φορτίου ανά μονάδα μήκους λ και συνολικό φορτίο $Q > 0$. Βρείτε το ηλεκτρικό πεδίο στο σημείο P που βρίσκεται σε απόσταση a από το ένα άκρο της ράβδου, στην ευθεία της ράβδου, όπως στο σχήμα.



Ηλεκτρικά Πεδία

● Παράδειγμα 1 – Λύση:

- Μια ράβδος μήκους ℓ έχει ομοιόμορφη κατανομή θετικού φορτίου ανά μονάδα μήκους λ και συνολικό φορτίο $Q > 0$. Βρείτε το ηλεκτρικό πεδίο στο σημείο P.

Έστω απειροστά μικρό τμήμα της ράβδου, μήκους dx , φορτίου dq .

$$\text{Είναι } \lambda = \frac{Q}{\ell} = \frac{dq}{dx} \quad (1)$$

Το ηλ. πεδίο στο σημείο P λόγω του τμήματος dx θα είναι:

$$dE_P = k_e \frac{dq}{x^2} \stackrel{(1)}{=} k_e \frac{\lambda dx}{x^2} \quad (2)$$

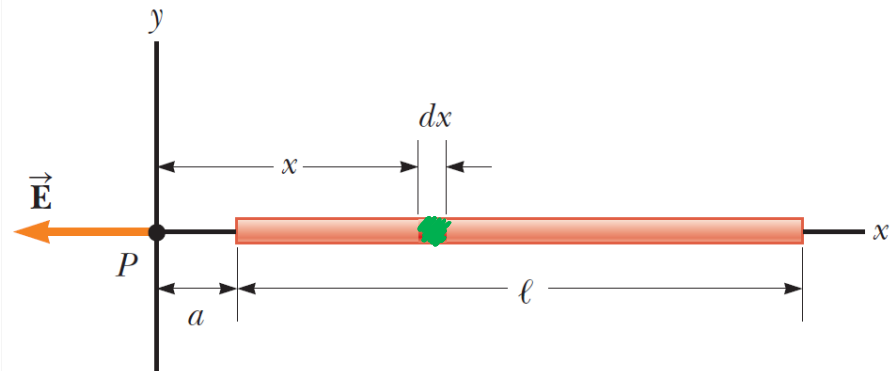
Οπότε το συνολικό ηλεκτρικό πεδίο στο σημείο P θα είναι:

$$\begin{aligned} E_P &= \int dE_P \stackrel{(2)}{=} \int k_e \frac{\lambda dx}{x^2} = k_e \lambda \int \frac{1}{x^2} dx = k_e \lambda \int_a^{l+a} \frac{1}{x^2} dx \\ &= k_e \lambda \left(-\frac{1}{x} \right) \Big|_a^{l+a} = k_e \lambda \left(-\frac{1}{l+a} + \frac{1}{a} \right) = k_e \lambda \frac{\ell}{a(l+a)} \stackrel{(1)}{=} k_e \frac{Q}{a(l+a)}. \end{aligned} *$$

* Τι συμβαίνει αν $a \gg \ell$?

$$\text{Τότε } \ell + a \approx a, \quad E_P = k_e \frac{Q}{a^2}$$

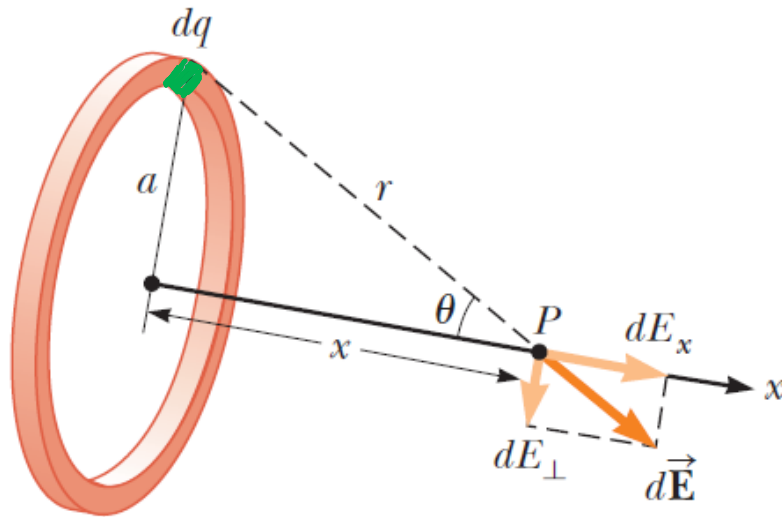
Η ράβδος συμπεριφέρεται ως σημειακό φορτίο!



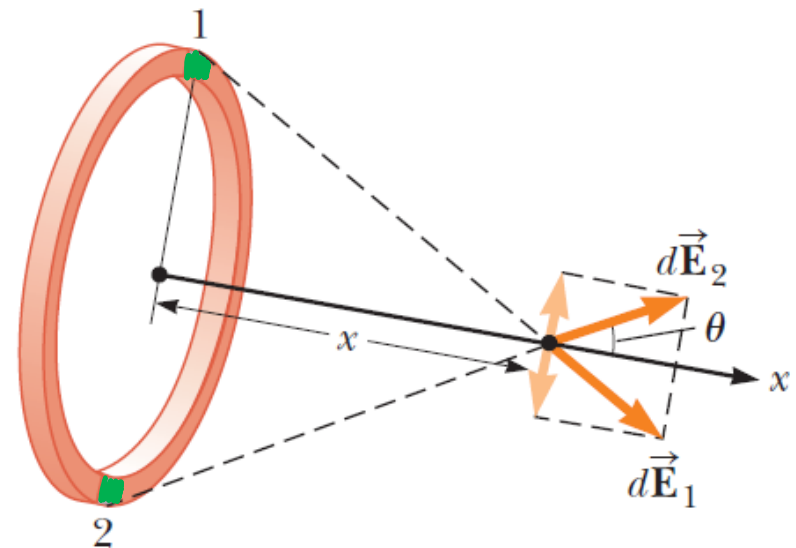
Ηλεκτρικά Πεδία

Παράδειγμα 2:

- Ένας δακτύλιος ακτίνας a φέρει ομοιόμορφα κατανεμημένο θετικό φορτίο Q . Υπολογίστε το ηλεκτρικό πεδίο στο σημείο P που βρίσκεται σε απόσταση x από το κέντρο του δακτυλίου και στον κάθετο άξονα στο επίπεδο του δακτυλίου.



a



b

Ηλεκτρικά Πεδία

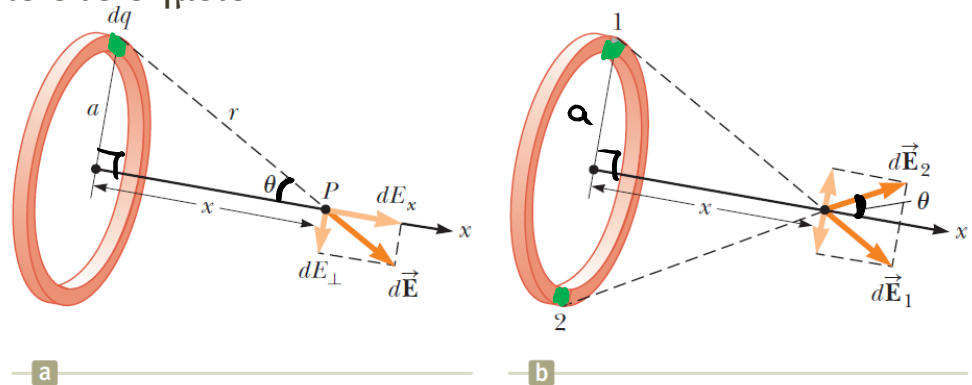
* Τι συμβαίνει αν $x \gg a$?

$$a^2 + x^2 \approx x^2, E_r = k_e \frac{Qx}{x^3} = k_e \frac{Q}{x^2}$$

● Παράδειγμα 2 – Λύση: Συμπεριφέρεται ως σημειακό φορτίο.

- Ένας δακτύλιος ακτίνας a φέρει ομοιόμορφα κατανεμημένο θετικό φορτίο Q . Υπολογίστε το ηλεκτρικό πεδίο στο σημείο P.

Οι συνιστώσες $dE_{\perp}$ για δύο ανυδιαμετρικά σημεία του δακτυλίου αλληλοακυρώνονται.
Άρα $\vec{E}_P = \vec{E}_x$. Έστω φορτίο dq του δακτυλίου, όπως στο σχήμα.



Είναι :

$$dE_x = dE \cdot \cos\theta = k_e \frac{dq}{r^2} \cos\theta = k_e \frac{dq}{x^2 + a^2} \cos\theta$$

$$\cos\theta = \frac{x}{r} = \frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}}$$

$$\Rightarrow dE_x = k_e \frac{dq \cdot x}{(a^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (1)$$

Οότε

$$E_P = E_x^P = \int dE_x = \int k_e \frac{dq \cdot x}{(a^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} = k_e \frac{x}{(a^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} \left(\int dq \right) = k_e \frac{Qx}{(a^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

Ηλεκτρικά Πεδία

● Παράδειγμα 2 – 2^η Λύση:

- Ένας δακτύλιος ακτίνας a φέρει ομοιόμορφα κατανεμημένο θετικό φορτίο Q . Υπολογίστε το ηλεκτρικό πεδίο στο σημείο P.

$$\lambda = \frac{Q}{\ell} = \frac{Q}{2\pi a} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{Q = 2\pi a \lambda} \quad (3)$$

Όφειλε πριν, καταλήγαμε στη σχέση (1):

$$dE_x = k_e \frac{dq \cdot x}{(x^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}}$$

Υπολογίσαμε τη συνεισφορά όλων των σημειακών φορτίων dq :

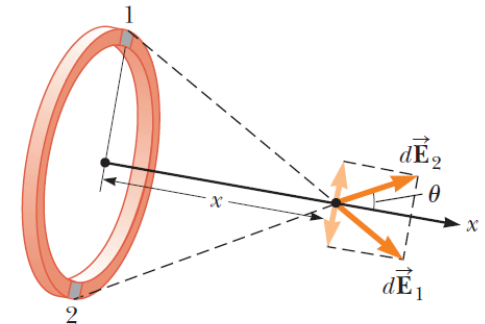
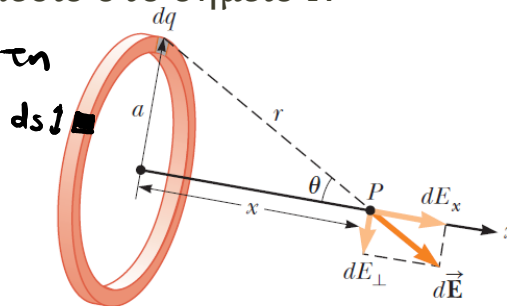
$$E^P = E_x^P \stackrel{(1)}{=} \int dE_x = k_e \frac{x}{(x^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}} \int dq$$

$$\lambda = \frac{dq}{ds} \Rightarrow dq = \lambda ds$$

$$= k_e \frac{x \lambda 2\pi a}{(a^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} \stackrel{(3)}{=} k_e \frac{Qx}{(a^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

που είναι το ίδιο αποτέλεσμα με πριν.

Διανυσματικά: $\vec{E}_P = k_e \frac{Qx}{(a^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot \vec{i}$



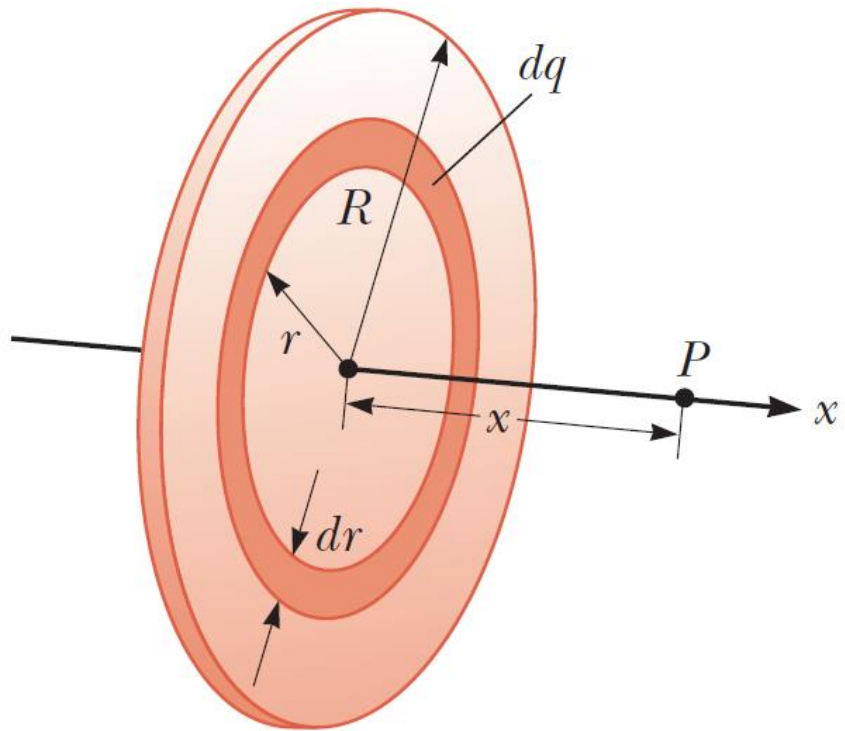
$2\pi a$
 (αθροισμα όλων των μικρών κυκλικών τμήτων ds)

Ηλεκτρικά Πεδία

◉ Παράδειγμα 3:

- ◉ Ένας δίσκος ακτίνας R έχει ομοιόμορφο επιφανειακό φορτίο πυκνότητας σ . Υπολογίστε το ηλεκτρικό πεδίο στο σημείο P σε απόσταση x , και που βρίσκεται στον κάθετο άξονα που περνά από το κέντρο του δίσκου.

$$\sigma = \frac{Q}{A}$$



Ηλεκτρικά Πεδία

$$\sigma = \frac{Q}{A} = \frac{dq}{dA} \quad (1)$$

● Παράδειγμα 3 – Λύση:

- Ένας δίσκος ακτίνας R έχει ομοιόμορφο επιφανειακό φορτίο πυκνότητας σ . Υπολογίστε το ηλεκτρικό πεδίο στο σημείο P .

Θεωρούμε ότι ο δίσκος αποτελείται από "σηφιακάς" δακτυλίες. Γνωρίζουμε ότι το ηλεκτρικό πεδίο ενός δακτυλίου ακτίνας a δίνεται: $E_P = k_e \frac{Qx}{(a^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$.

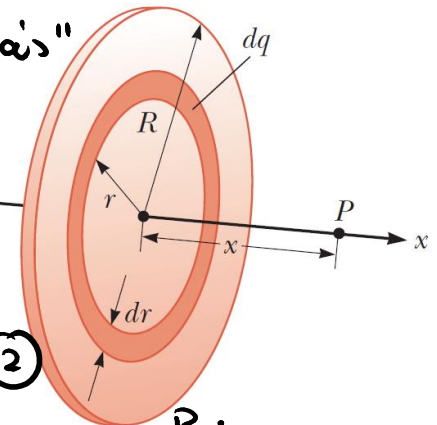
Έστω δακτύλιος ακτίνας r , φορτίου dq , και πάχους dr . Από (1), $\sigma = \frac{dq}{dA} = \frac{dq}{2\pi r \cdot dr} \Rightarrow dq = 2\pi r \sigma \cdot dr$ (2)

Ο δακτύλιος αυτός συνεισφέρει ηλεκτρικό πεδίο στο σημείο P :

$$dE^P = k_e \frac{dq \cdot x}{(r^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} \stackrel{(2)}{=} k_e \frac{2\pi r \sigma x \cdot dr}{(r^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

Άρα η συνολική συνεισφορά όλων των δακτυλίων, και άρα του δίσκου, θα είναι:

$$E_P = \int dE^P$$



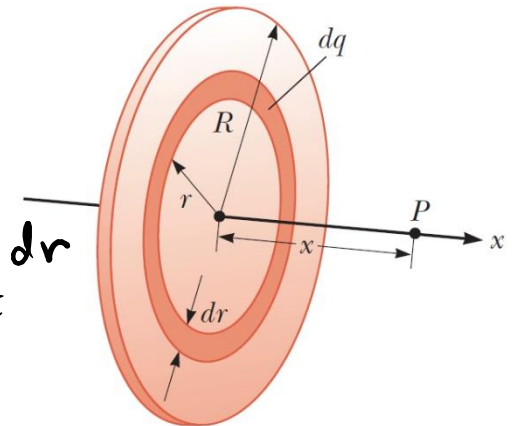
Ηλεκτρικά Πεδία

● Παράδειγμα 3 – Λύση:

- Ένας δίσκος ακτίνας R έχει ομοιόμορφο επιφανειακό φορτίο πυκνότητας σ . Υπολογίστε το ηλεκτρικό πεδίο στο σημείο P .

$$E_P = \int dE^P = \int \frac{k_e 2\pi r \sigma x dr}{(r^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} =$$

$$= 2k_e \pi \sigma x \int \frac{r}{(r^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} dr = 2k_e \pi \sigma x \int_0^R \frac{r}{(r^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} dr$$



$$\text{Θέτω } u = r^2 + x^2 \Rightarrow du = 2r dr$$

$$u_1 = 0^2 + x^2 = x^2$$

$$u_2 = R^2 + x^2$$

$$\text{Άρα } E_P = k_e \pi \sigma x \int_{x^2}^{R^2 + x^2} \frac{du}{u^{\frac{3}{2}}} = k_e \pi \sigma x \int_{x^2}^{R^2 + x^2} u^{-\frac{3}{2}} du$$

$$\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1}$$

Ηλεκτρικά Πεδία

● Παράδειγμα 3 – Λύση:

- Ένας δίσκος ακτίνας R έχει ομοιόμορφο επιφανειακό φορτίο πυκνότητας σ . Υπολογίστε το ηλεκτρικό πεδίο στο σημείο P .

Οότε

$$E_p = k_e \pi \sigma (-2) x \left[\frac{1}{\sqrt{u}} \right]_{x^2}^{R^2+x^2} = \dots$$

= ...

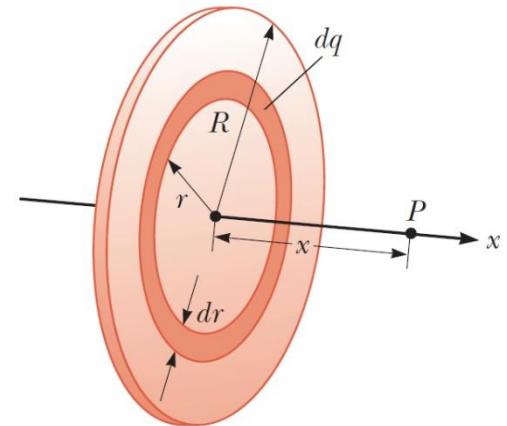
$$= 2k_e \pi x \sigma \left(\frac{1}{x} - \frac{1}{\sqrt{R^2+x^2}} \right)$$

$$= 2k_e \pi \sigma \left(1 - \frac{x}{\sqrt{R^2+x^2}} \right) . *$$

* Τι συμβαίνει όταν $R \rightarrow \infty$?

$$E_p = 2k_e \pi \sigma = 2 \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \pi \sigma = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} .$$

Το ίδιο συμβαίνει και όταν $x \rightarrow 0$.



Τι συμβαίνει όταν $x \gg R$?

Σημειακό φορτίο??

Ηλεκτρικά Πεδία

- **Ηλεκτρικά Πεδία**

- Σε όλα τα παραδείγματα είδατε τη φιλοσοφία προσέγγισης
- Από ένα μικρό, «σημειακό» φορτίο (είτε πραγματικό σημειακό φορτίο είτε κατανομή μικρού φορτίου) γενικεύσαμε σε ολόκληρη την κατανομή φορτίου
- Υπολογίσαμε τη συνεισφορά ηλεκτρικού πεδίου σε ένα σημείο λόγω του σημειακού φορτίου
- Αθροίσαμε (ολοκληρώσαμε) όλες τις συνεισφορές που οφείλονται σε όλα τα σημειακά φορτία

Ηλεκτρικά Πεδία

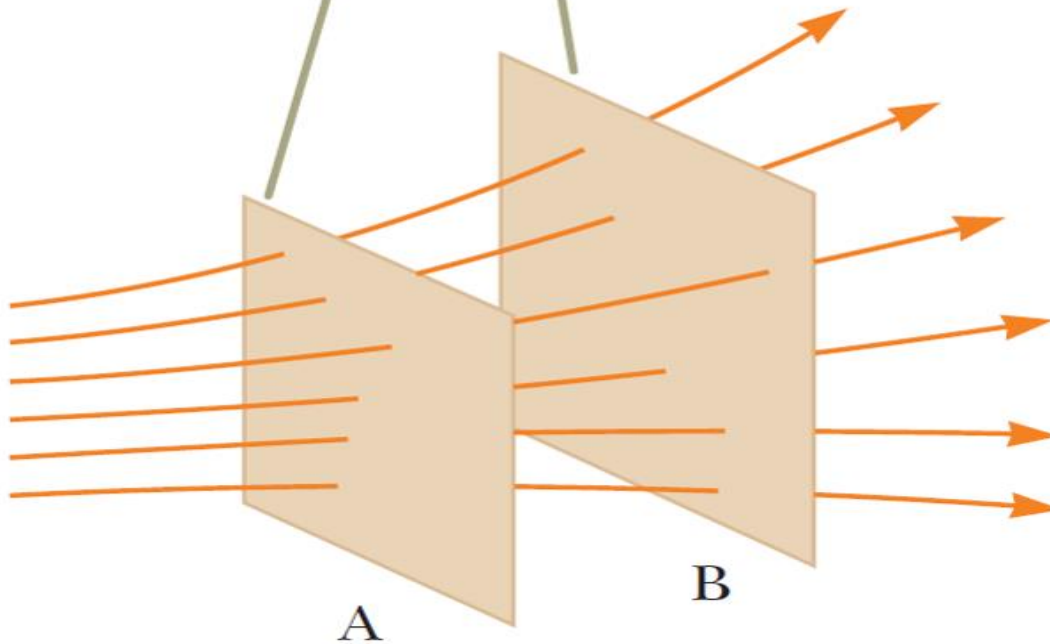
○ Δυναμικές Γραμμές Ηλεκτρικού Πεδίου

- Δεν μπορούμε να δούμε ένα ηλεκτρικό πεδίο
- Ένας βολικός τρόπος αναπαράστασης είναι οι **δυναμικές γραμμές** ηλεκτρικού πεδίου
 - Το διάνυσμα του ηλεκτρικού πεδίου $\vec{E}$ είναι εφαπτόμενο σε μια δυναμική γραμμή που διέρχεται από κάθε σημείο του χώρου
 - Η κατεύθυνση της γραμμής είναι όμοια με αυτή της ηλεκτρικής δύναμης που ασκείται σε ένα θετικά φορτισμένο σωματίδιο που βρίσκεται στο πεδίο
 - Ο αριθμός των γραμμών ανά μονάδα επιφάνειας διαμέσου μιας επιφάνειας που είναι κάθετη στις δυναμικές γραμμές είναι ανάλογη του μέτρου του ηλεκτρικού πεδίου
 - Με άλλα λόγια, οι δυναμικές γραμμές είναι πιο πυκνές όπου η «δύναμη» του πεδίου είναι μεγαλύτερη

Ηλεκτρικά Πεδία

- Δυναμικές Γραμμές Ηλεκτρικού Πεδίου

Η τιμή του ηλεκτρικού πεδίου είναι μεγαλύτερη στην επιφάνεια A από ότι στην επιφάνεια B.



Ηλεκτρικά Πεδία

- **Δυναμικές Γραμμές Ηλεκτρικού Πεδίου**

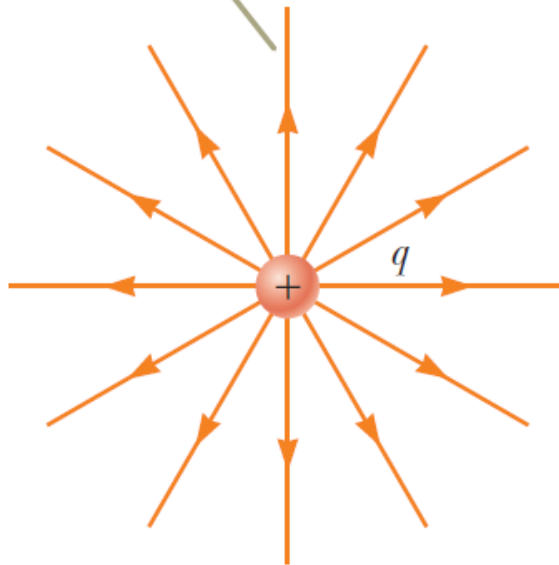
- Πώς τις σχεδιάζουμε;

- Οι γραμμές πρέπει να ξεκινούν από θετικό φορτίο και να καταλήγουν σε αρνητικό φορτίο. Αν υπάρχει πλεόνασμα κάποιου φορτίου, τότε οι δυναμικές γραμμές θα ξεκινούν ή θα τελειώνουν απειροστά μακριά.
- Ο αριθμός των γραμμών που ξεκινούν από ένα θετικό φορτίο ή πλησιάζουν ένα αρνητικό φορτίο είναι ανάλογη του μέτρου του φορτίου.
- Οι δυναμικές γραμμές δεν τέμνονται.

Ηλεκτρικά Πεδία

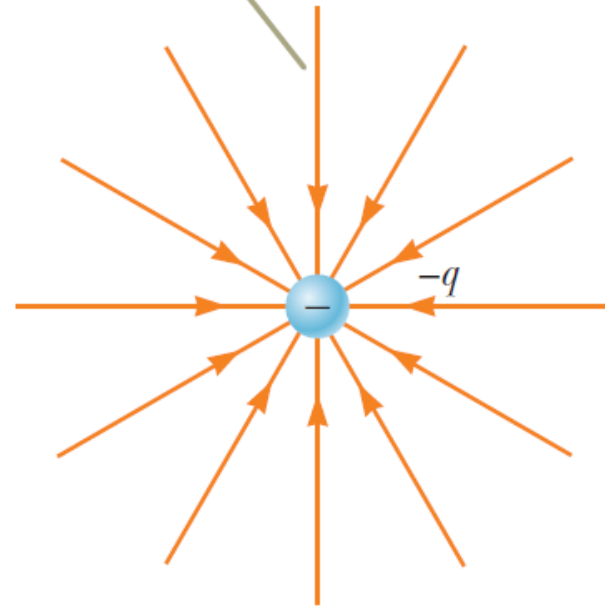
Δυναμικές Γραμμές Ηλεκτρικού Πεδίου

Για ένα θετικά φορτισμένο σωματίδιο, οι δυναμικές γραμμές έχουν κατεύθυνση ακτινικά προς τα έξω.



a

Για ένα αρνητικά φορτισμένο σωματίδιο, οι δυναμικές γραμμές έχουν κατεύθυνση ακτινικά προς τα μέσα.

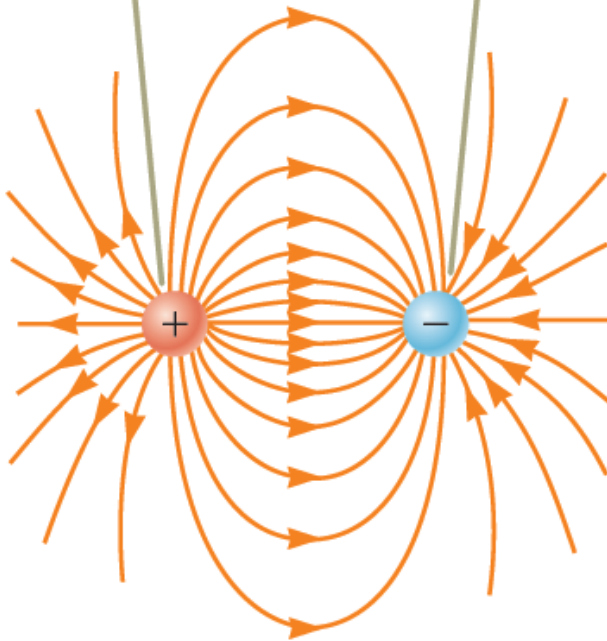


b

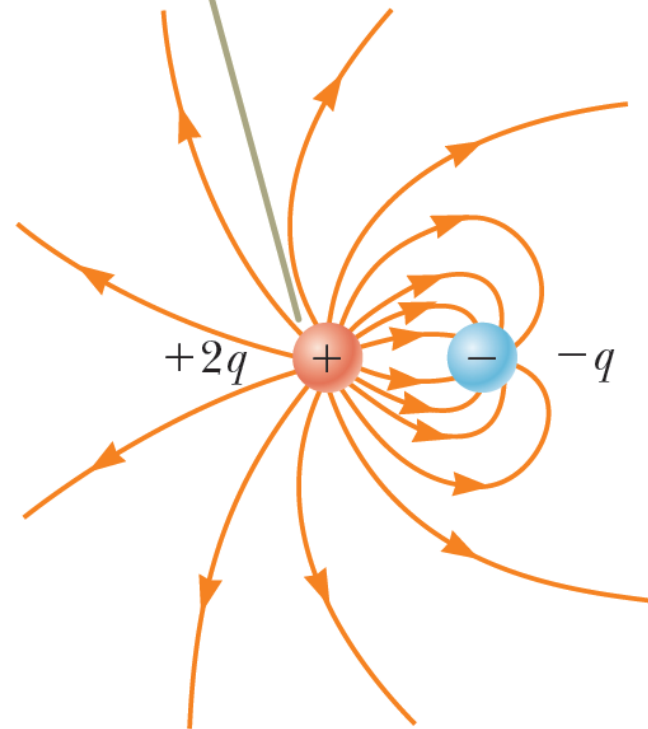
Ηλεκτρικά Πεδία

○ Δυναμικές Γραμμές Ηλεκτρικού Πεδίου

Ο αριθμός των δυναμικών γραμμών που ξεκινούν από το θετικό φορτίο ισούται με τον αριθμό γραμμών που φθάνουν στο αρνητικό φορτίο.



Δυο δυναμικές γραμμές ξεκινούν από το $+2q$ για κάθε μια που τερματίζει στο $-q$.



Ηλεκτρικά Πεδία

- **Κίνηση σωματιδίου σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο**

- Σωματίδιο μάζας m και φορτίου q
- Ηλεκτρικό πεδίο $\vec{E}$
- Ομογενές: **σταθερό** μέτρο, **παράλληλες** δυναμικές γραμμές που ξεκινούν από θετικά φορτία και καταλήγουν σε αρνητικά φορτία

- Επιταχυνόμενη κίνηση λόγω ηλεκτρικής δύναμης

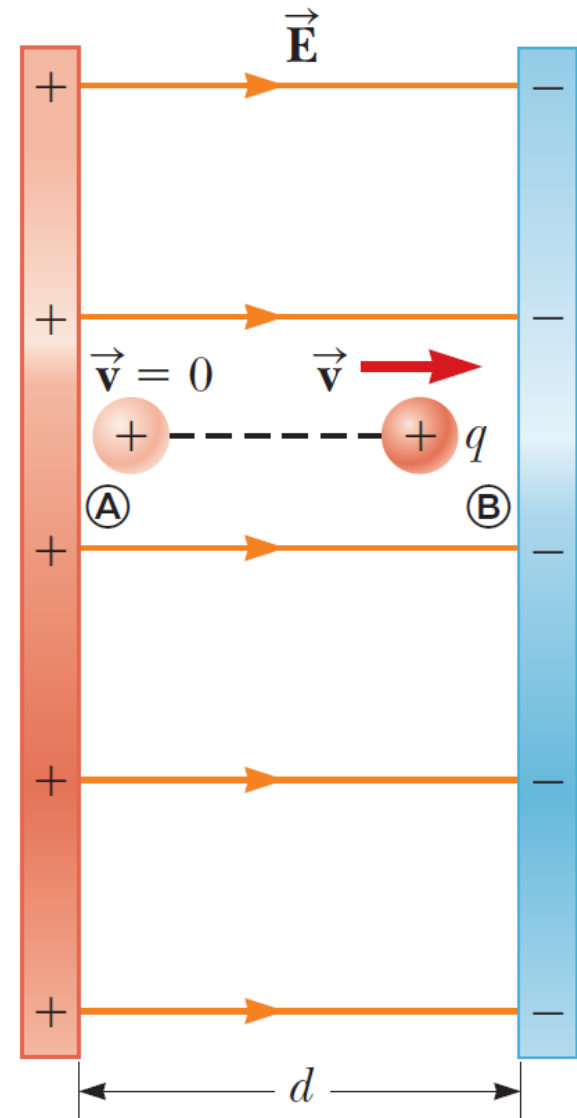
$$\vec{F}_e = q\vec{E} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m}$$

- Αν το σωματίδιο έχει **θετικό** φορτίο, η κίνησή του είναι **προς** την κατεύθυνση του ηλεκτρικού πεδίου
- Αλλιώς, η κίνηση είναι αντίθετη της κατεύθυνσης του ηλεκτρικού πεδίου

Ηλεκτρικά Πεδία

◉ Παράδειγμα:

- ◉ Ομογενές ηλεκτρικό πεδίο $\vec{E}$ με κατεύθυνση επάνω στο x -άξονα ανάμεσα σε δυο παράλληλες φορτισμένες πλάκες που απέχουν απόσταση d , όπως στο σχήμα. Σωματίδιο φορτίου $+q$ μάζας m αφήνεται από το σημείο A και επιταχύνεται στο σημείο B.
Α) Βρείτε την ταχύτητα στη θέση B.
Β) Υπολογίστε το Α) ερώτημα με χρήση εννοιών ενέργειας.



Ηλεκτρικά Πεδία

◉ Παράδειγμα - Λύση:

- ◉ Σωματίδιο φορτίου $+q$ μάζας m αφήνεται από το σημείο A και επιταχύνεται στο σημείο B.

A) Βρείτε την ταχύτητα στη θέση B.

Το σωματίδιο μάζας m και φορτίου q εκτελεί ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση.

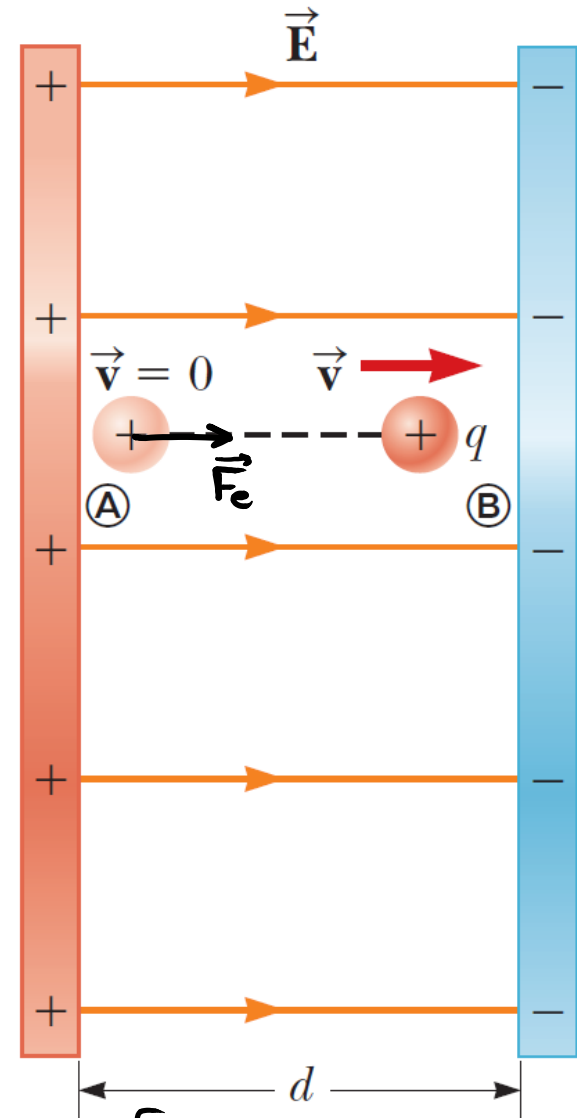
Άρα:

$$v_B^2 = \underbrace{v_A^2}_0 + 2a_x \Delta x$$

$$v_B^2 = 2ad \stackrel{\textcircled{1}}{\Rightarrow} v_B = \sqrt{\frac{2qEd}{m}}.$$

Σωμα υπό σταθερή επιτάχυνση:

$$\Sigma F_x = ma_x \Rightarrow F_e = ma_x \Rightarrow qE = ma_x \Rightarrow a_x = \frac{qE}{m} \textcircled{1}$$



Ηλεκτρικά Πεδία

◉ Παράδειγμα - Λύση:

- ◉ Σωματίδιο φορτίου $+q$ μάζας m αφήνεται από το σημείο A και επιταχύνεται στο σημείο B.

Β) Υπολογίστε το Α) ερώτημα με χρήση εννοιών ενέργειας.

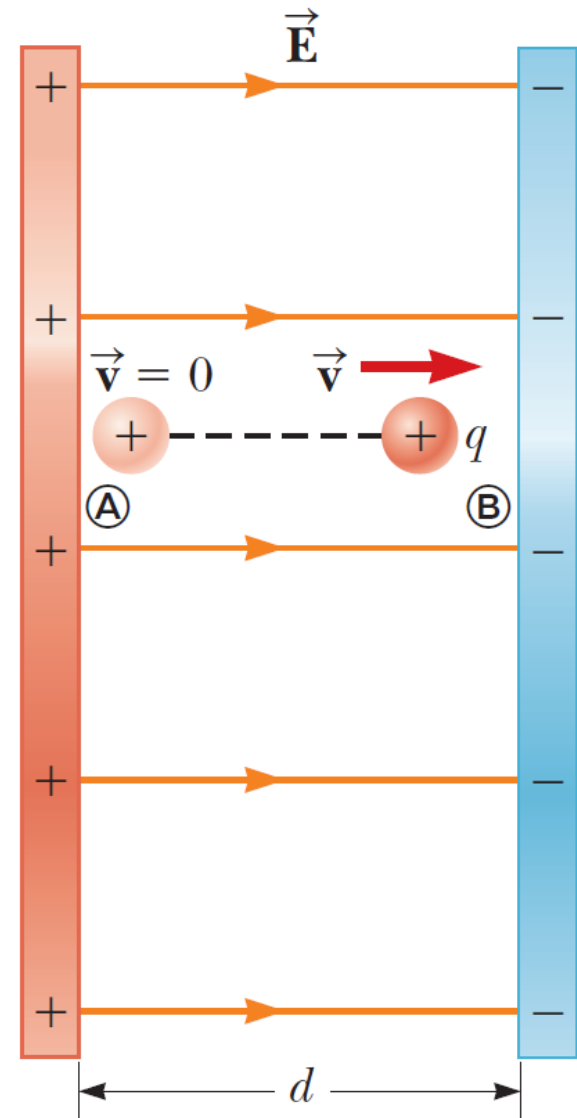
Θεωράμε ως σύστημα το φορτίο. Η $\vec{F}_e$ είναι εξωτερική στο σύστημα.

$$\text{Θ.Μ.Κ. Ε-Ε}^{A \rightarrow B}: K_B - K_A = W_{F_e}$$

$$\frac{1}{2} m u_B^2 - 0 = q E \cdot d$$

$$u_B^2 = \frac{2qEd}{m}$$

$$u_B = \sqrt{\frac{2qEd}{m}}.$$



Ηλεκτρικά Πεδία

◉ Παράδειγμα:

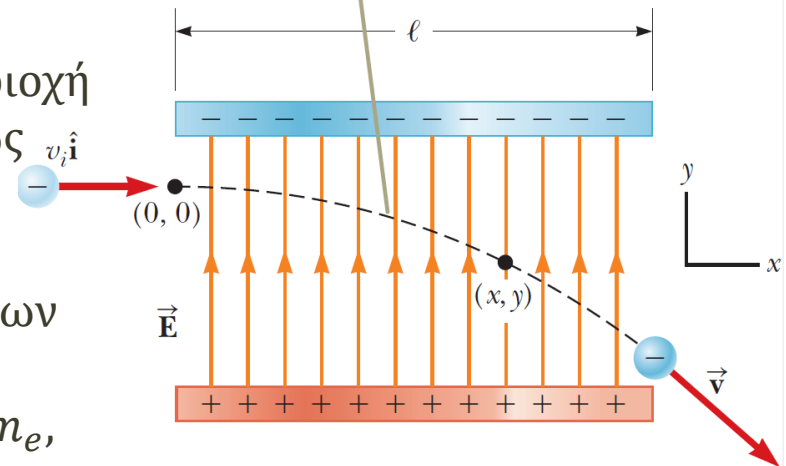
- ◉ Ένα ηλεκτρόνιο μπαίνει σε μια περιοχή ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου όπως στο σχήμα. Η αρχική ταχύτητά του είναι $u_i = 3 \times 10^6 \text{ m/s}$ και $E = 200 \text{ N/C}$. Το οριζόντιο μήκος των πλακών είναι $l = 0.1 \text{ m}$. Θεωρήστε γνωστή τη μάζα του ηλεκτρονίου m_e , καθώς και το φορτίο του, e .

A) Βρείτε την επιτάχυνση του ηλεκτρονίου όσο βρίσκεται ανάμεσα στις πλάκες.

B) Υποθέτοντας ότι το ηλεκτρόνιο μπαίνει στο πεδίο τη χρονική στιγμή $t = 0$, βρείτε το χρόνο που εγκαταλείπει το πεδίο.

Γ) Υποθέτοντας ότι η y -συνιστώσα του ηλεκτρονίου όταν μπαίνει στο ηλεκτρικό πεδίο είναι $y = 0$, ποια είναι αυτή με την οποία εγκαταλείπει το πεδίο;

Το ηλεκτρόνιο υφίσταται μια επιτάχυνση προς τα κάτω (αντίθετη του διανύσματος του ηλεκτρικού πεδίου, και η κίνησή του είναι παραβολική όσο βρίσκεται ανάμεσα στις πλάκες.



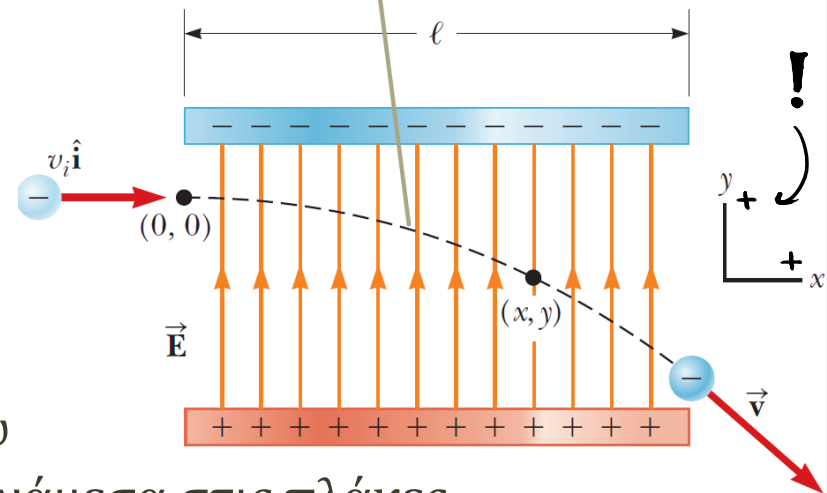
Ηλεκτρικά Πεδία

● Παράδειγμα - Λύση:

- Η αρχική ταχύτητά του είναι $u_i = 3 \times 10^6 \text{ m/s}$ και $E = 200 \text{ N/C}$. Το οριζόντιο μήκος των πλακών είναι $l = 0.1 \text{ m}$.

A) Βρείτε την επιτάχυνση του ηλεκτρονίου όσο βρίσκεται ανάμεσα στις πλάκες.

Το ηλεκτρόνιο υφίσταται μια επιτάχυνση προς τα κάτω (αντίθετη του διανύσματος του ηλεκτρικού πεδίου, και η κίνησή του είναι παραβολική όσο βρίσκεται ανάμεσα στις πλάκες.



Το ηλεκτρόνιο επιταχύνεται λόγω του ηλεκτρ. πεδίου, το οποίο προκαλεί ηλεκτρική δύναμη F_e με φορά προς τα κάτω. Επιτάχυνση υφίσταται μόνο στον y -άξονα. Άρα:

$$\Sigma \vec{F}_y = m_e \vec{a}_y \Rightarrow \vec{F}_e = m_e \vec{a}_y \Rightarrow -F_e = m_e (-a_y) \Rightarrow a_y = \frac{-eE}{m_e}.$$

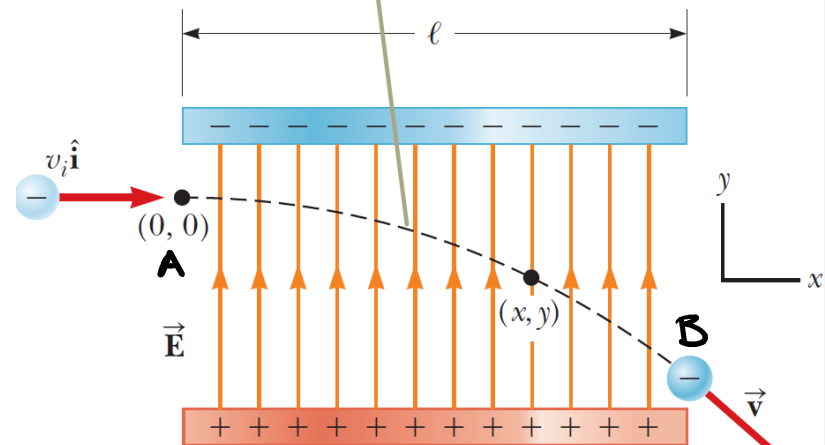
Ηλεκτρικά Πεδία

◉ Παράδειγμα - Λύση:

- ◉ Η αρχική ταχύτητά του είναι $u_i = 3 \times 10^6 \text{ m/s}$ και $E = 200 \text{ N/C}$. Το οριζόντιο μήκος των πλακών είναι $l = 0.1 \text{ m}$.

Β) Υποθέτοντας ότι το ηλεκτρόνιο μπαίνει στο πεδίο τη χρονική στιγμή $t = 0$, βρείτε το χρόνο που εγκαταλείπει το πεδίο.

Το ηλεκτρόνιο υφίσταται μια επιτάχυνση προς τα κάτω (αντίθετη του διανύσματος του ηλεκτρικού πεδίου, και η κίνησή του είναι παραβολική όσο βρίσκεται ανάμεσα στις πλάκες.



Ουσιαστικά Ήτουμε το χρόνο που θα διανύσει οριζόντια απόσταση l .
Είναι :

$$\begin{aligned} x_B &= x_A + u_x t = 0 + u_i t \Leftrightarrow l = u_i t \Leftrightarrow t = \frac{l}{u_i} = \frac{10^{-1}}{3 \cdot 10^6} \\ &= \frac{1}{3} \cdot 10^{-7} \text{ s} \end{aligned}$$

Ηλεκτρικά Πεδία

◉ Παράδειγμα - Λύση:

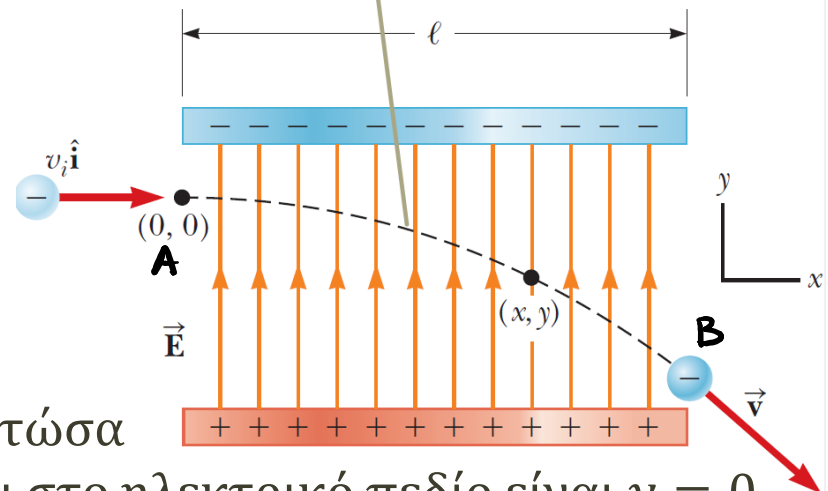
- ◉ Η αρχική ταχύτητά του είναι $u_i = 3 \times 10^6 \text{ m/s}$ και $E = 200 \text{ N/C}$. Το οριζόντιο μήκος των πλακών είναι $l = 0.1 \text{ m}$.

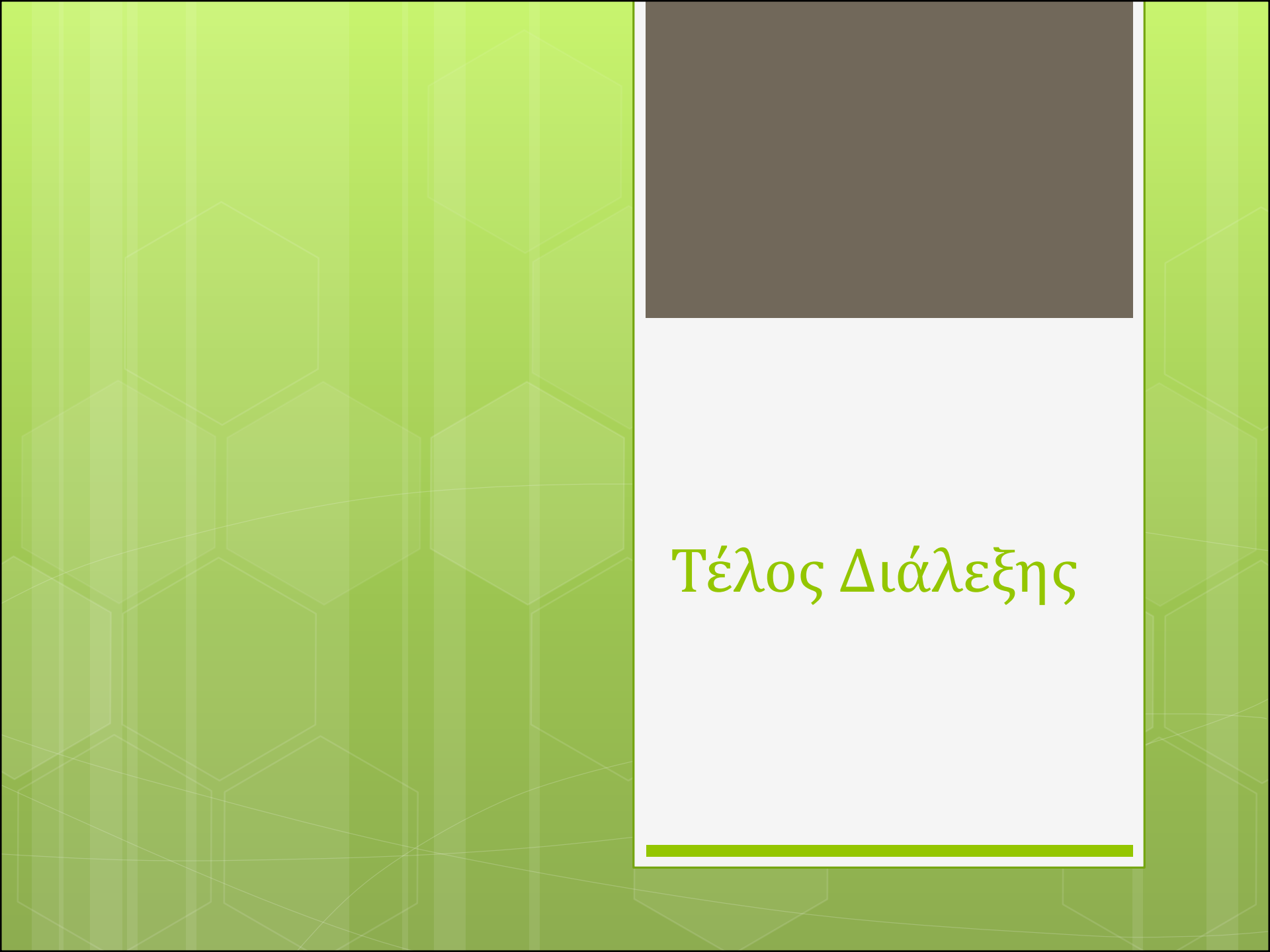
Γ) Υποθέτοντας ότι η y -συνιστώσα του ηλεκτρονίου όταν μπαίνει στο ηλεκτρικό πεδίο είναι $y = 0$, ποια είναι αυτή με την οποία εγκαταλείπει το πεδίο;

Στον y -άξονα, το ηλεκτρόνιο εκτελεί επιταχυνόμενη κίνηση. Άρα:

$$\begin{aligned} y_B &= y_A + u_{y_i} t + \frac{1}{2} a_y t^2 \\ y_B &= 0 + 0 \cdot t + \frac{1}{2} \left(-\frac{eE}{m_e} \right) \left(\frac{l}{u_i} \right)^2 \\ y_B &= -\frac{eEl^2}{2m_e u_i} \approx -0.0195 \text{ m} \end{aligned}$$

Το ηλεκτρόνιο υφίσταται μια επιτάχυνση προς τα κάτω (αντίθετη του διανύσματος του ηλεκτρικού πεδίου, και η κίνησή του είναι παραβολική όσο βρίσκεται ανάμεσα στις πλάκες.





Τέλος Διάλεξης