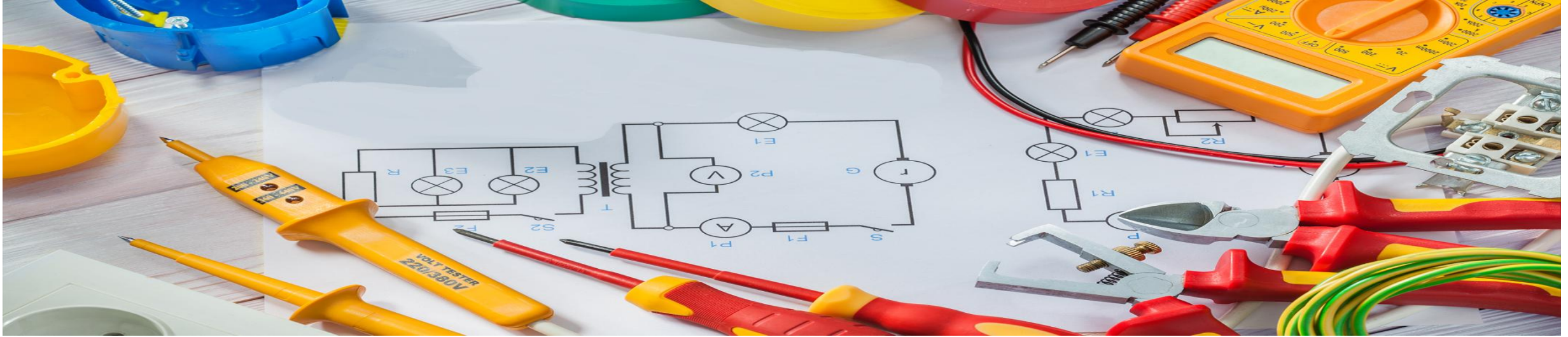


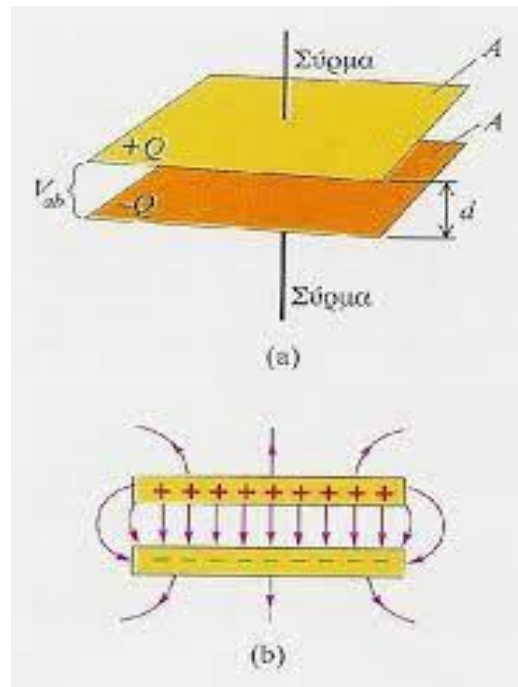
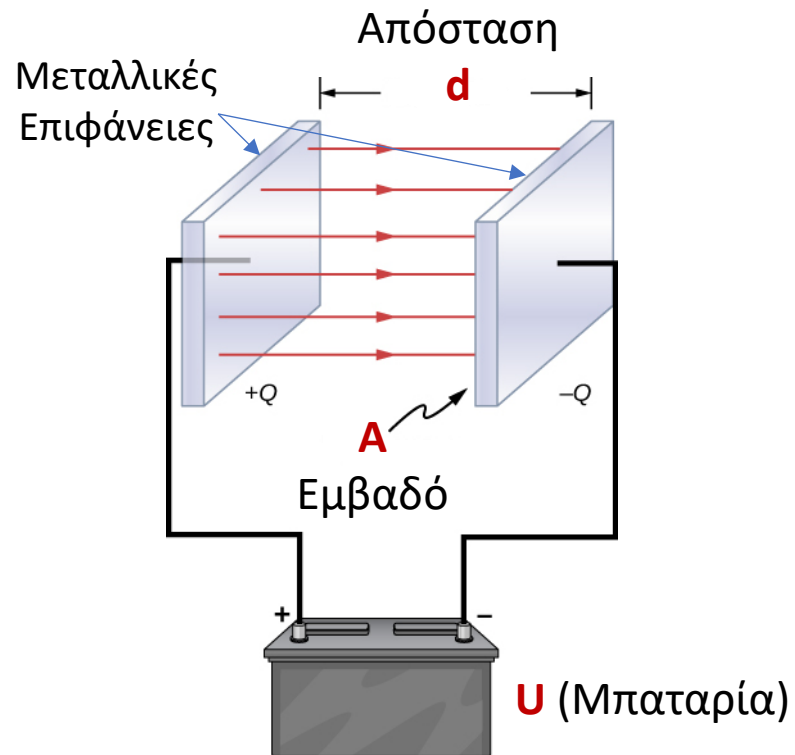
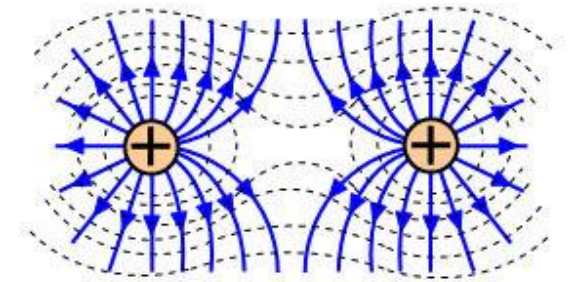
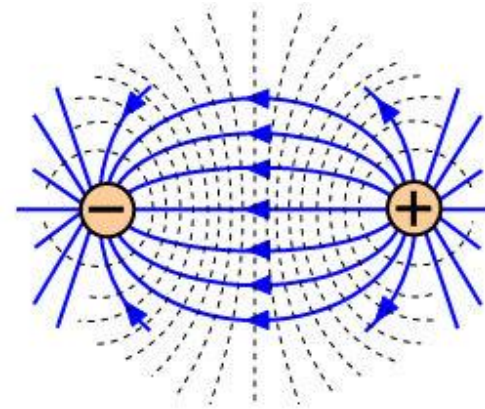
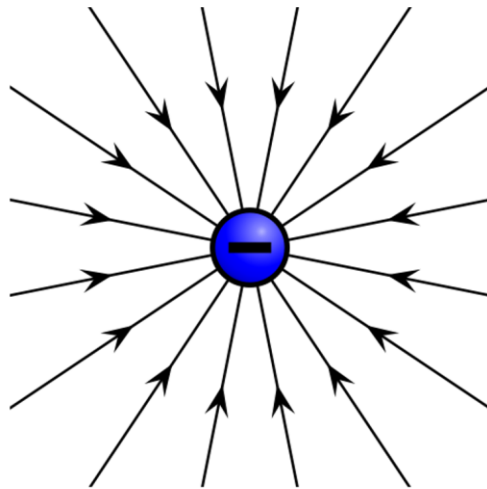
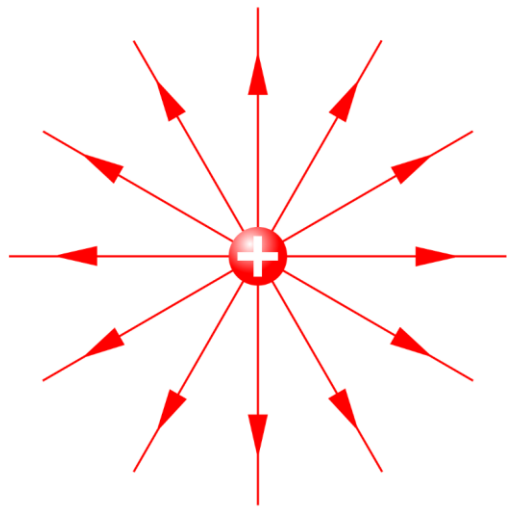
Σημειώσεις στο Μάθημα



ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ



ΤΟ ΗΛΕΚΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ - ΠΥΚΝΩΤΕΣ

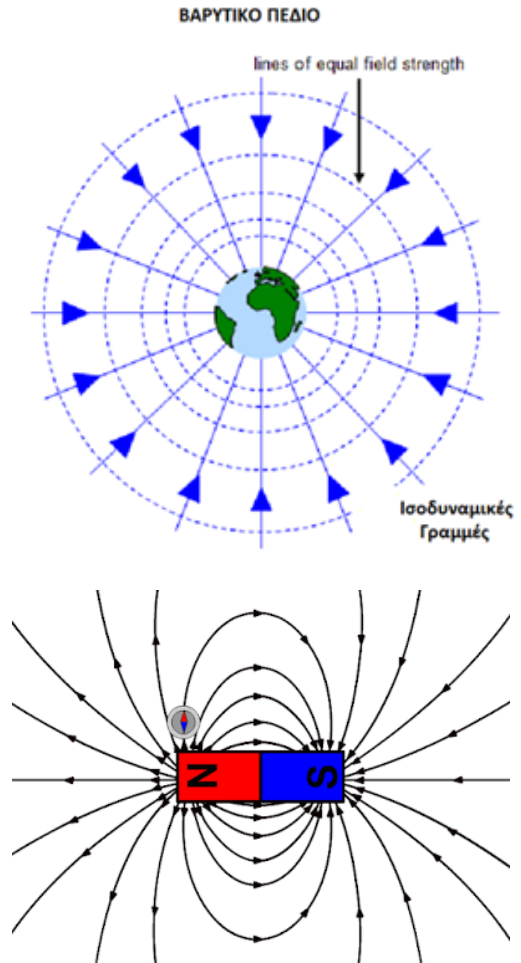
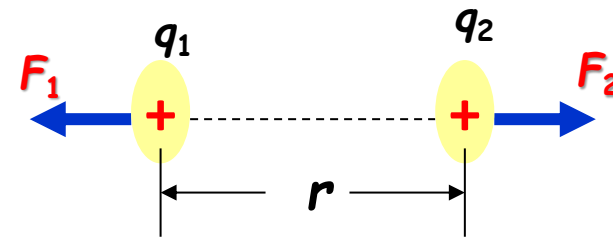


Ηλεκτρικό Πεδίο

Ας θυμηθούμε...

- Στη Φυσική έχουμε μάθει για το **Βαρυτικό Πεδίο**. Είναι ο χώρος γύρω από τη Γη, όπου ασκείται **ελκτική δύναμη** από τη Γη σε κάθε υλικό σώμα, που θα βρεθεί σε αυτόν.
- Στο 3^ο Κεφάλαιο γνωρίσαμε και το **Μαγνητικό Πεδίο**, ως τον χώρο γύρω από τους μαγνήτες (και τους ηλεκτρομαγνήτες), όπου ασκούνται δυνάμεις σε κάθε αντικείμενο που μπορεί να μαγνητιστεί.
- Στο 1^ο Κεφάλαιο έχει αναφερθεί ακόμη, ότι ένα **ηλεκτρικά φορτισμένο σώμα ασκεί έλξη ή άπωση** σε κάθε άλλο ηλεκτρικό φορτίο που υπάρχει στο γύρω χώρο του (Νόμος του Κουλόμπ)

Νόμος του Coulomb $F_1 = F_2 = k \cdot \frac{|q_1 \cdot q_2|}{r^2}$



Μπορούμε λοιπόν να θεωρήσουμε ότι και τα ηλεκτρικά φορτία δημιουργούν στον γύρω χώρο τους, ένα **πεδίο**, ανάλογο με το πεδίο βαρύτητας και το μαγνητικό πεδίο.

Το πεδίο αυτό ονομάζεται **Ηλεκτρικό Πεδίο**.

Ηλεκτρικό Πεδίο

- Στη φυσική, ο χώρος που περιβάλλει ένα ηλεκτρικό φορτίο ή η παρουσία ενός χρονικά μεταβαλλόμενου μαγνητικού πεδίου έχει μια ιδιότητα που καλείται **ηλεκτρικό πεδίο**.
- Το ηλεκτρικό πεδίο **ασκεί μια δύναμη** επάνω σε άλλα ηλεκτρικά φορτισμένα αντικείμενα.
- Την έννοια του ηλεκτρικού πεδίου εισήγαγε για πρώτη φορά ο Μάικλ Φαραντέι.

ή αλλιώς...

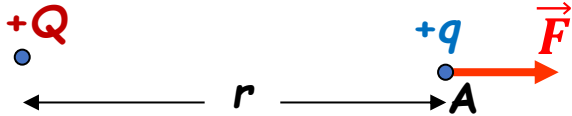
Ηλεκτρικό Πεδίο ονομάζεται ο χώρος, όπου ασκούνται ηλεκτρικές δυνάμεις σε κάθε ηλεκτρικό φορτίο που υπάρχει σε αυτόν.

- Όταν το ηλεκτρικό πεδίο δημιουργείται από **ακίνητα ηλεκτρικά φορτία** ονομάζεται **ηλεκτροστατικό**.
- Αν το πεδίο δημιουργείται από **κινούμενα ηλεκτρικά φορτία**, ονομάζεται **μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό πεδίο**.
- Στο ηλεκτροστατικό πεδίο, οι δυνάμεις που ασκούνται σε ένα ηλεκτρικό φορτίο είναι σταθερές ως προς τον χρόνο.
- Στο μεταβαλλόμενο, οι δυνάμεις μεταβάλλονται με τον χρόνο.

Στο κεφάλαιο αυτό, με τον όρο Ηλεκτρικό πεδίο θα εννοούμε το **ηλεκτροστατικό πεδίο**

Ηλεκτρικό Πεδίο

Δύναμη και Ηλεκτρικό Πεδίο



Το ακίνητο σημειακό φορτίο $+Q$ δημιουργεί γύρω του ηλεκτρικό πεδίο.

Στο σημείο A φέρνουμε σημειακό φορτίο $+q$.

Ο Coulomb θα έλεγε: Το φορτίο $+Q$ ασκεί δύναμη στο φορτίο $+q$.



Ο Faraday θα έλεγε: Το πεδίο του φορτίου $+Q$ ασκεί δύναμη στο φορτίο $+q$.

Σε κάθε περίπτωση

$$F = k \cdot \frac{|Q \cdot q|}{r^2}$$

Ηλεκτρικό Πεδίο

Στοιχεία Ηλεκτρικού Πεδίου

Ένα ηλεκτρικό πεδίο μπορούμε να το περιγράψουμε είτε με

A. Φυσικά μεγέθη

- Ένταση (σ' ένα σημείο) ηλεκτρικού πεδίου.
- Δυναμικό (σ' ένα σημείο) ηλεκτρικού πεδίου.

είτε με

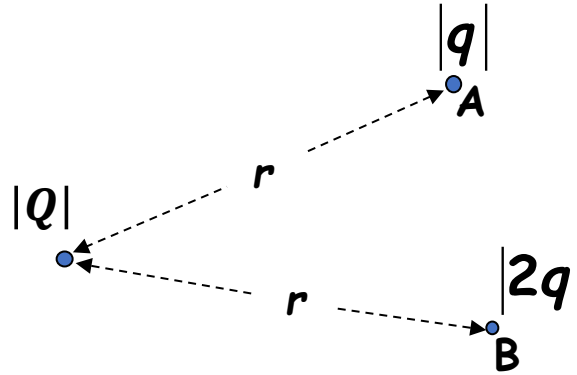
B. Γεωμετρικό τρόπο

- Ηλεκτρικές Δυναμικές γραμμές.

Ηλεκτρικό Πεδίο

Ένταση Ηλεκτρικού Πεδίου

Η ιδέα για την έννοια της Έντασης...



$$F = k \frac{|Q| \cdot |q|}{r^2} \longrightarrow \frac{F}{|q|} = k \frac{|Q|}{r^2} \quad (1)$$

$$F' = k \frac{|Q| \cdot |2q|}{r^2} = 2F \longrightarrow \frac{F'}{|2q|} = k \frac{|Q|}{r^2} \quad (2)$$

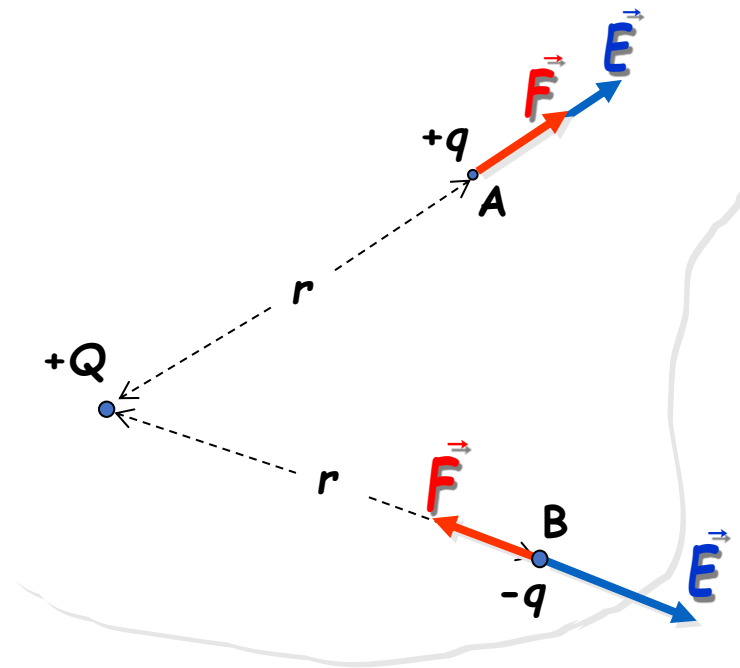
$$(1) \text{ και } (2) \longrightarrow \frac{F}{|q|} = \frac{F'}{|2q|} = \dots = \text{σταθ.}$$

Παρατηρούμε, ότι όποιο φορτίο κι αν φέρουμε σ' ένα σημείο του πεδίου, ο λόγος της δύναμης που ασκείται σ' αυτό από το πεδίο προς το φορτίο παραμένει σταθερός.



Ηλεκτρικό Πεδίο

Ένταση Ηλεκτρικού Πεδίου



$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{+q}$$

$\vec{E}$ και $\vec{F}$ έχουν την ίδια φορά.

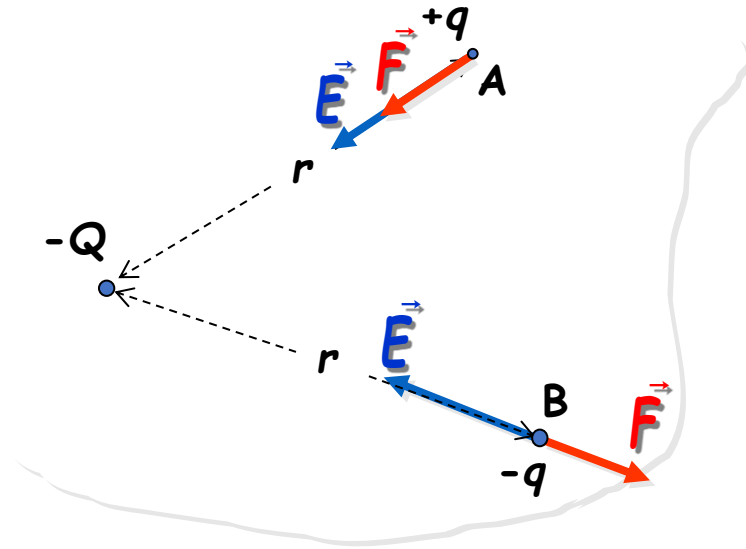
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{-q}$$

$\vec{E}$ και $\vec{F}$ έχουν αντίθετη φορά.

Παρατηρούμε ότι η ένταση που δημιουργείται από **θετικό** σημειακό φορτίο-πηγή έχει κατεύθυνση που **«απομακρύνεται»** από το φορτίο-πηγή, όποιο πρόσημο κι αν έχει το φορτίο-υπόθεμα.

Ηλεκτρικό Πεδίο

Ένταση Ηλεκτρικού Πεδίου



$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{+q}$$

$\vec{E}$ και $\vec{F}$ έχουν την ίδια φορά.

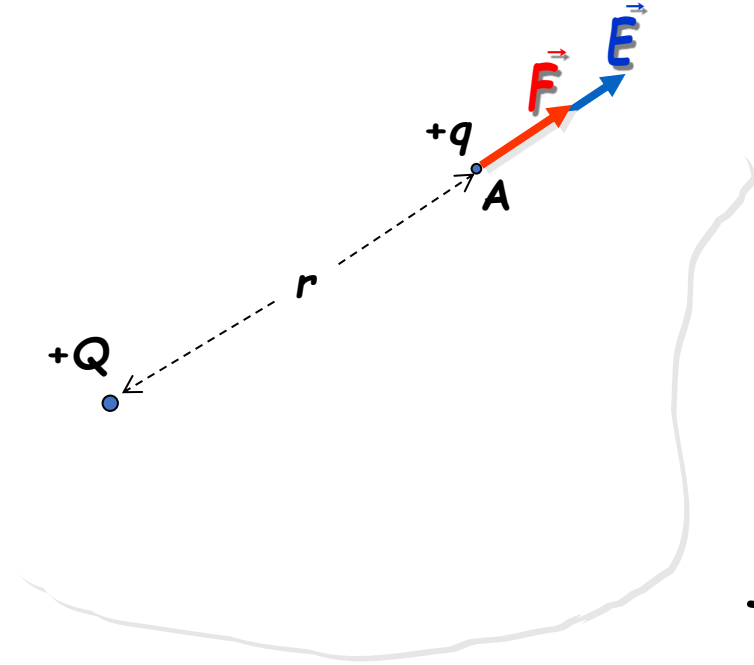
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{-q}$$

$\vec{E}$ και $\vec{F}$ έχουν αντίθετη φορά.

Παρατηρούμε ότι η ένταση που δημιουργείται από **αρνητικό** σημειακό φορτίο-πηγή έχει κατεύθυνση που **«πλησιάζει»** προς το φορτίο-πηγή, όποιο πρόσημο κι αν έχει το φορτίο-υπόθεμα.

Ηλεκτρικό Πεδίο

Ένταση Ηλεκτρικού Πεδίου



$$F = k \frac{|Q| \cdot |q|}{r^2} \quad (1)$$

$$E_A = \frac{F}{|q|} \xrightarrow{(1)} E_A = \frac{k \frac{|Q| \cdot \cancel{|q|}}{r^2}}{\cancel{|q|}}$$

Τελικά $E_A = k \frac{|Q|}{r^2}$, όπου $k = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon}$

Η ένταση σ' ένα σημείο του ηλεκτρικού πεδίου εξαρτάται από:

- ✓ το φορτίο-πηγή
- ✓ την απόσταση του σημείου από το φορτίο-πηγή.

Ηλεκτρικό Πεδίο

Ένταση Ηλεκτρικού Πεδίου

$$E_A = k \frac{|Q|}{r^2}, \quad k = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon}$$

Όπου:

- ✓ E_A , η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στη θέση A (σε N/C)
- ✓ Q , το ηλεκτρικό φορτίο, πηγή (σε Coulomb)
- ✓ r , η απόσταση της θέσης A από το φορτίο πηγή (σε m)
- ✓ ϵ , η διηλεκτρική σταθερά του υλικού, μέσα στο οποίο βρίσκονται τα φορτία

Ηλεκτρικό Πεδίο

Ένταση Ηλεκτρικού Πεδίου

$$E_A = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon} \cdot \frac{Q}{r^2} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_r \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2}$$

Για το κενό η διηλεκτρική σταθερά έχει την τιμή: $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 10^9} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$

Για τα άλλα μονωτικά υλικά η διηλεκτρική σταθερά δίνεται από τη σχέση: $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$ όπου ϵ_r η **σχετική διηλεκτρική σταθερά**, η οποία είναι “καθαρός αριθμός” και δείχνει πόσες φορές μεγαλύτερη είναι η διηλεκτρική σταθερά του υλικού από τη διηλεκτρική σταθερά του κενού.

Για τον **ατμοσφαιρικό αέρα** λαμβάνεται κατά προσέγγιση $\epsilon_r = 1$, θεωρείται δηλαδή ότι η διηλεκτρική σταθερά του αέρα είναι ίδια με του κενού.

Ηλεκτρικό Πεδίο

Ένταση Ηλεκτρικού Πεδίου

Μερικές Παρατηρήσεις σχετικά με την Ένταση Ηλεκτρικού Πεδίου...

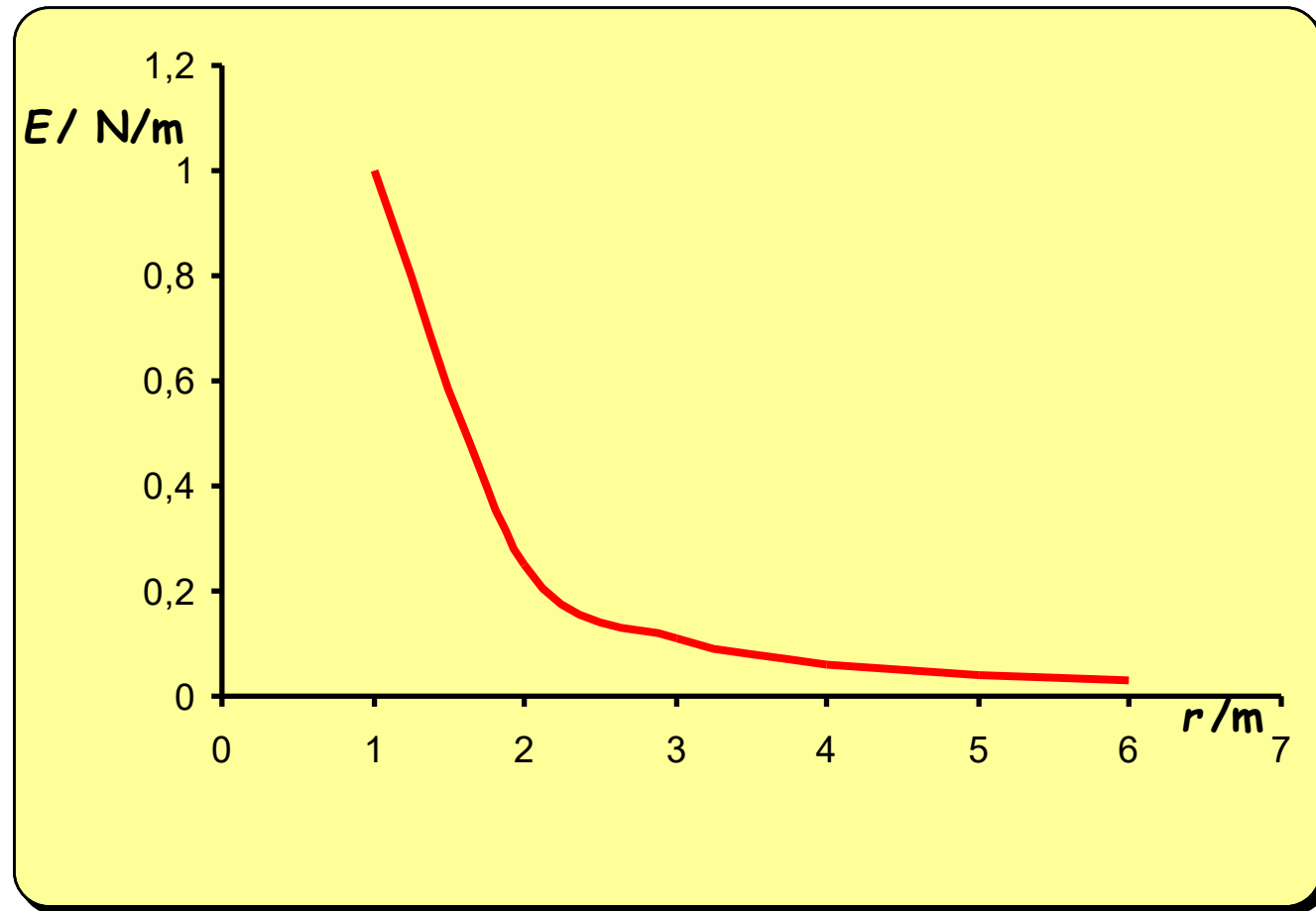
- Η Ένταση αναφέρεται σε συγκεκριμένο σημείο του πεδίου. Γενικά, η Ένταση διαφέρει από σημείο σε σημείο ενός ηλεκτρικού πεδίου.
- Για το ίδιο σημείο του πεδίου η Ένταση θα είναι ίδια, ανεξάρτητα από το είδος και το μέτρο του φορτίου που πιθανόν υπάρχει στο σημείο αυτό του πεδίου.
- Το μέγεθος «Ένταση» συνδέει την έννοια του πεδίου με την έννοια της δύναμης.
- Το μέτρο της Έντασης του πεδίου σε ένα σημείο του μας πληροφορεί για το πόσο ισχυρό είναι το πεδίο.
 - ✓ Π.χ. Αν το πεδίο σε ένα σημείο του έχει ένταση $5\frac{\text{N}}{\text{C}}$ αυτό σημαίνει ότι αν φέρουμε σ' αυτό το σημείο φορτίο 1C το πεδίο θα του ασκήσει δύναμη 5N .
- Αν υπάρχουν δύο ή περισσότερα φορτία-πηγές, τότε σε ένα σημείο A , το κάθε φορτίο-πηγή δημιουργεί την δικιά του Ένταση, ανεξάρτητα από το άλλο. Η ολική Ένταση στο σημείο A θα ισούται με το διανυσματικό άθροισμα των εντάσεων: $\vec{E}_{ολ} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots$

Προφανώς, σε κάθε σημείο A υπάρχει μια $\vec{E}_{ολ}$.

Ηλεκτρικό Πεδίο

Ένταση Ηλεκτρικού Πεδίου

Γραφική Παράσταση $E - r$



Ηλεκτρικό Πεδίο

Ένταση Ηλεκτρικού Πεδίου

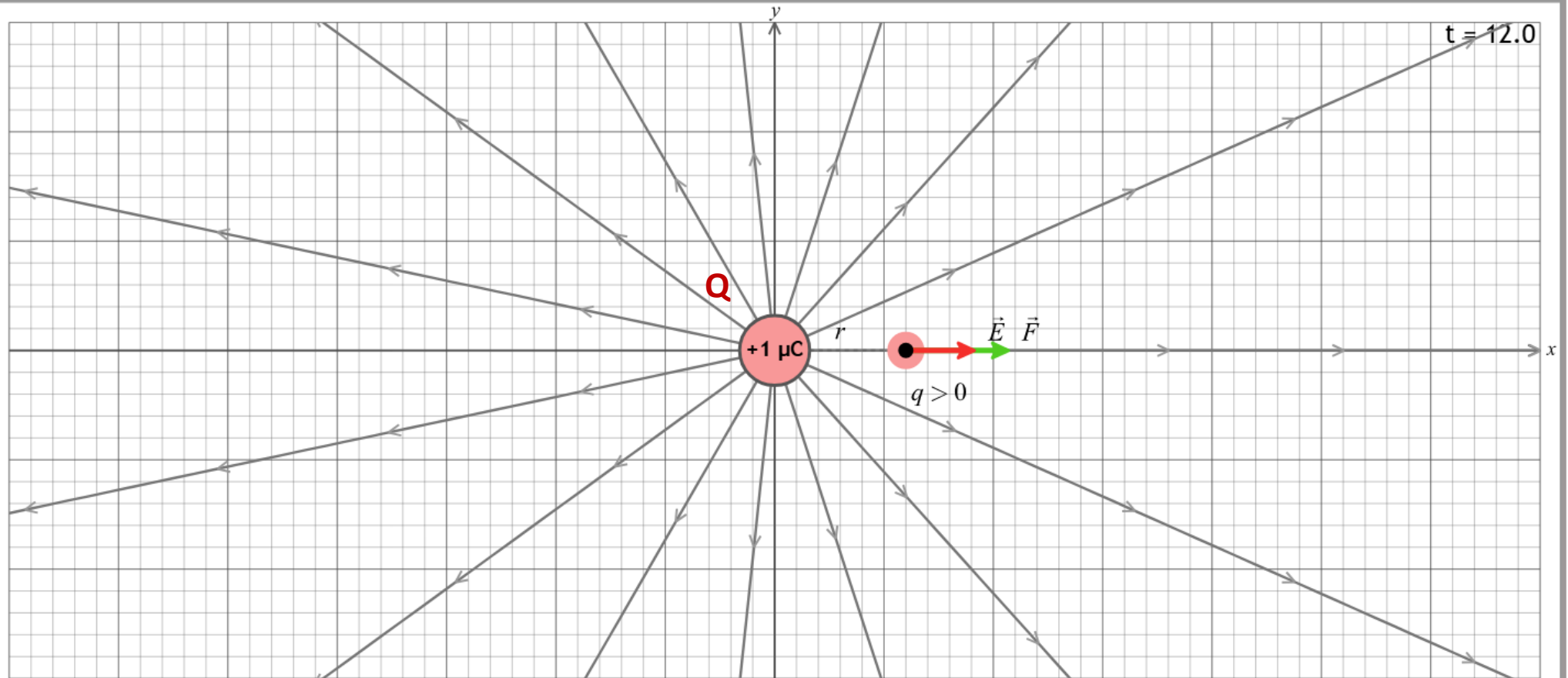
+ Προσθήκη Φορτίου

− Αφαίρεση Φορτίου

☒ Πλέγμα

☒ Έλξη στο πλέγμα

☒ Δυν. Γραμμές



$x = 1.20 \text{ m}$, $y = 0.00 \text{ m}$, $r = 1.20 \text{ m}$, $E = 6.3 \cdot 10^3 \text{ N/C}$, $\theta = 0.0^\circ$, $F = 6.2 \cdot 10^{-3} \text{ N}$, $V = 7.5 \cdot 10^3 \text{ V}$

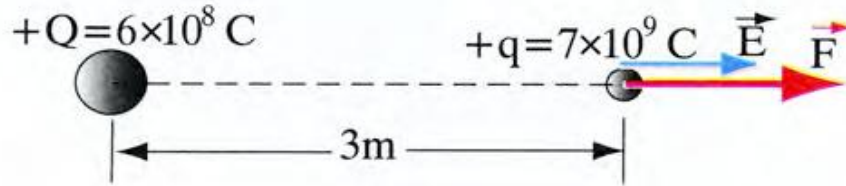


Ηλεκτρικό Πεδίο

Ένταση Ηλεκτρικού Πεδίου

Παράδειγμα 1:

Αν $Q = +6 \times 10^8 \text{ C}$, $r = 3 \text{ m}$ και $q = +7 \times 10^9 \text{ C}$ να βρεθούν η ένταση E του πεδίου και η δύναμη F που ασκείται στο φορτίο q (στο χώρο του πεδίου υπάρχει αέρας, $\epsilon_r = 1$)



Λύση:

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r r^2} = \frac{6 \times 10^{-8} \text{ C}}{4\pi \times \frac{1}{4\pi \times 9 \times 10^9} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2} \times 3^2 \text{ m}^2} = 60 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

Η δύναμη που ασκείται στο φορτίο q δίνεται από τη σχέση:

$$F = q \cdot E$$

$$F = 60 \frac{\text{N}}{\text{C}} \times 7 \times 10^{-8} \text{ C} = 4,2 \times 10^{-6} \text{ N}$$

Ηλεκτρικό Πεδίο

Ένταση Ηλεκτρικού Πεδίου

Παράδειγμα 2:

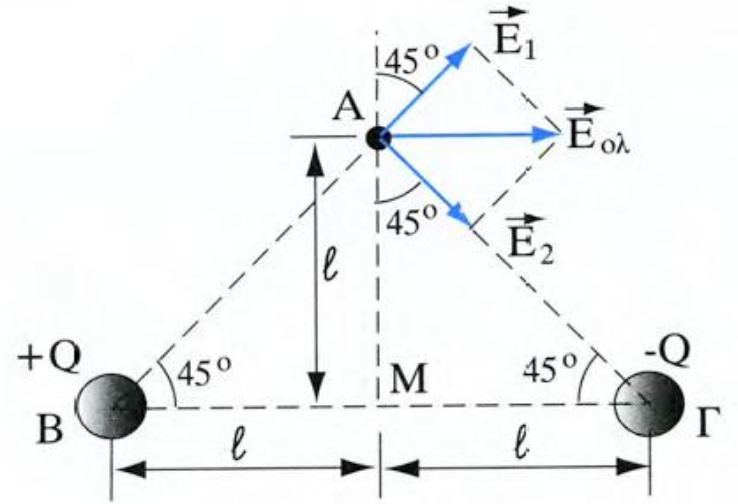
Δύο σφαίρες που μπορούν να θεωρηθούν ως σημειακά φορτία $+Q$ και $-Q$ είναι τοποθετημένες όπως στο σχήμα. Ζητείται η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο A που βρίσκεται πάνω στη μεσοκάθετο του διαστήματος 2ℓ (απόσταση των δύο φορτίων) και απέχει απόσταση ℓ από το μέσον του.

Λύση:

Το φορτίο $+Q$ δημιουργεί στο σημείο A ένταση E_1 το μέτρο της οποίας δίνεται από τον τύπο:

$$E_1 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0(AB)^2}$$

Όπου $(AB)^2 = \ell^2 + \ell^2 = 2\ell^2$ από το ισοσκελές ορθογώνιο τρίγωνο MAB (Πυθαγόρειο θεώρημα). Η φορά της έντασης είναι από το φορτίο $+Q$ προς το σημείο A .



Ηλεκτρικό Πεδίο

Ένταση Ηλεκτρικού Πεδίου

Παράδειγμα 2:

Δύο σφαίρες που μπορούν να θεωρηθούν ως σημειακά φορτία $+Q$ και $-Q$ είναι τοποθετημένες όπως στο σχήμα. Ζητείται η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο A που βρίσκεται πάνω στη μεσοκάθετο του διαστήματος 2ℓ (απόσταση των δύο φορτίων) και απέχει απόσταση ℓ από το μέσον του.

Λύση:

Το φορτίο $-Q$ στο σημείο A δημιουργεί ένταση E_2 , το μέτρο της οποίας δίνεται από τον τύπο:

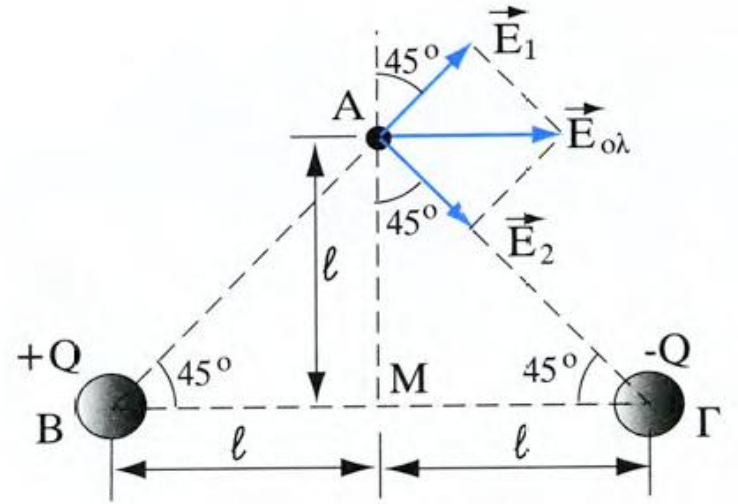
$$E_2 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 (AG)^2}$$

Όπου $(AG)^2 = \ell^2 + \ell^2 = 2\ell^2$ από το ισοσκελές ορθογώνιο τρίγωνο MAB . Η φορά της έντασης είναι από το σημείο A προς το φορτίο $-Q$.

Η ολική ένταση $\vec{E}_{ολ}$ προκύπτει από τη διανυσματική πρόσθεση των δύο εντάσεων $\vec{E}_1$ και $\vec{E}_2$, για την οποία ισχύει ο κανόνας του παραλληλογράμου

Για την περίπτωση του σχήματος όπου τα διανύσματα E_1 και E_2 είναι κάθετα μεταξύ τους η $E_{ολ}$ μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$E_{ολ} = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$$



Ηλεκτρικό Πεδίο

Ένταση Ηλεκτρικού Πεδίου

Παράδειγμα 2:

Δύο σφαίρες που μπορούν να θεωρηθούν ως σημειακά φορτία $+Q$ και $-Q$ είναι τοποθετημένες όπως στο σχήμα. Ζητείται η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο A που βρίσκεται πάνω στη μεσοκάθετο του διαστήματος 2ℓ (απόσταση των δύο φορτίων) και απέχει απόσταση ℓ από το μέσον του.

Λύση:

Αντικαθιστούμε τις τιμές των E_1 και E_2 από τις προηγούμενες σχέσεις και έχουμε:

$$E_{ολ} = \sqrt{\left(\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 2\ell^2}\right)^2 + \left(\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 2\ell^2}\right)^2} = \frac{Q\sqrt{2}}{8\pi\epsilon_0 \ell^2}$$

Αριθμητική εφαρμογή:

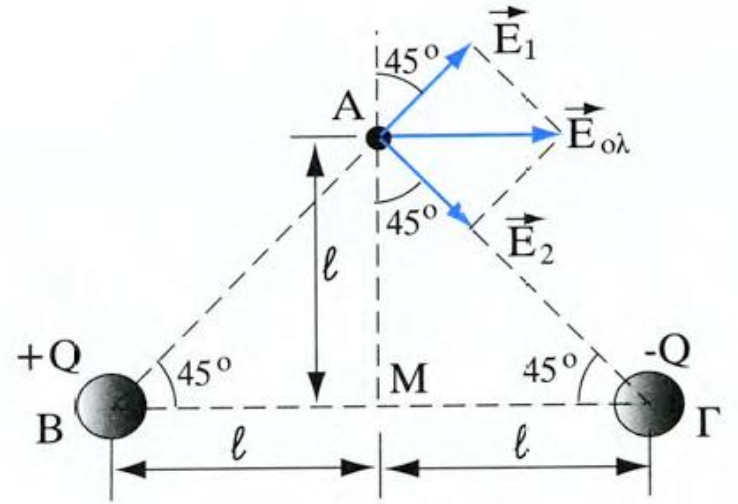
$$\begin{aligned} \text{Για } Q &= 8 \times 10^{-8} \text{ C} \\ \ell &= 2 \text{ m} \end{aligned}$$

Η τιμή της έντασης $E_{ολ}$ είναι:

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi \times 9 \times 10^9} \times \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2}$$

$$E_{ολ} = \frac{8 \times 10^{-8} \times \sqrt{2}}{8\pi \times \frac{1}{4\pi \times 9 \times 10^9} \times 2^2} \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$E_{ολ} = 10\sqrt{2} \frac{\text{N}}{\text{C}} = 14,1 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$



ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ

Ηλεκτρικό Πεδίο - Ένταση

Ηλεκτρικό Πεδίο - Ένταση

1. Ένταση του ηλεκτρικού πεδίου σε ένα σημείο του, είναι ο σταθερός λόγος της δύναμης F , που ασκείται σε φορτίο q τοποθετημένο στο παραπάνω σημείο, προς το φορτίο.
☒ α) Σωστό ☐ β) Λάθος
2. Μονάδα μέτρησης της έντασης E του ηλεκτρικού πεδίου στο S.I. είναι το A/Ω .
☐ α) Σωστό ☒ β) Λάθος
3. Η σχετική διηλεκτρική σταθερά ϵ_r μας δείχνει πόσες φορές μεγαλύτερη είναι η διηλεκτρική σταθερά του υλικού από τη διηλεκτρική σταθερά του κενού.
☒ α) Σωστό ☐ β) Λάθος
3. Για τον ατμοσφαιρικό αέρα η σχετική διηλεκτρική σταθερά λαμβάνει κατά προσέγγιση την τιμή $\epsilon_r=0$.
☐ α) Σωστό ☒ β) Λάθος
4. Εντός ηλεκτρικού πεδίου έντασης $E = 6 \text{ N/C}$, υπάρχει θετικό ηλεκτρικό φορτίο $q = 3 \text{ C}$. Το μέτρο της δύναμης που ασκείται στο παραπάνω φορτίο είναι:
☐ α) 0.5 N ☐ β) 2 N ☐ γ) 6 N ☒ δ) 12 N
5. Δύο φορτία-πηγές Q_1 και Q_2 δημιουργούν γύρω τους ένα ενιαίο ηλεκτρικό πεδίο. Στο σημείο A του ηλεκτρικού πεδίο το φορτίο Q_1 συνεισφέρει με ένταση που έχει μέτρο $E_1 = 6 \text{ N/C}$ και το φορτίο Q_2 με ένταση έχει μέτρο $E_2 = 8 \text{ N/C}$. Τα δύο διανύσματα των εντάσεων είναι κάθετα μεταξύ τους. Η συνολική ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο A είναι:
☐ α) 2 N/C ☐ β) 6 N/C ☒ γ) 10 N/C ☐ δ) 14 N/C

Ηλεκτρικό Πεδίο - Ένταση

5. Συμπληρώστε τα κενά του κειμένου:

Η ένταση $\vec{E}$ σε σημείο «Σ» ηλεκτρικού πεδίου που οφείλεται σε ηλεκτρικό φορτίο Q , έχει μέτρο που είναι **ανάλογο** του φορτίου Q και **αντιστρόφως** ανάλογο του τετραγώνου της απόστασης του «Σ» από το **φορτίο** πηγή. Η κατεύθυνση της έντασης στο «Σ» εξαρτάται από το **πρόσημο** του φορτίου Q .

6. Δίνονται δύο ομώνυμα ηλεκτρικά φορτία $Q_1 = 2 \cdot Q_2$, στις θέσεις (Α) και (Β) όπως στο σχήμα.



(I) Το ηλεκτρικό πεδίο μηδενίζεται σε σημείο που βρίσκεται:

α. Αριστερά του Α.

β. Δεξιά του Β.

γ. Μεταξύ Α και Β.

(II) Αν r_1 και r_2 είναι οι αποστάσεις του σημείου μηδενισμού της έντασης από τα φορτία Q_1 και Q_2 αντίστοιχα, ο λόγος $\frac{r_1}{r_2}$ είναι:

α. 1/2.

β. 2/1.

γ. $1/\sqrt{2}$.

δ. $\sqrt{2}$.

Ηλεκτρικό Πεδίο - Ένταση

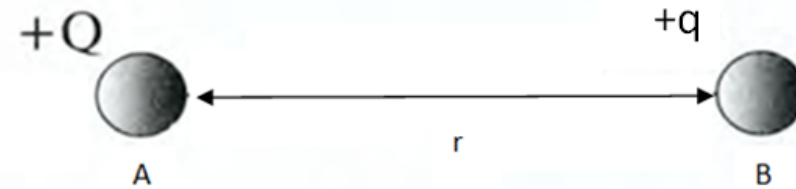
7. Έχουμε ένα φορτίο Q και θέλουμε να υπολογίσουμε το μέτρο της έντασης E του ηλεκτρικού πεδίου σε κάποια απόσταση r από αυτό.
- α. Το μέτρο της έντασης E του ηλεκτρικού πεδίου είναι ανάλογο της απόστασης r από το φορτίο.
 - β. Το μέτρο της έντασης E του ηλεκτρικού πεδίου είναι αντιστρόφως ανάλογο της απόστασης r από το φορτίο.
 - γ. Το μέτρο της έντασης E του ηλεκτρικού πεδίου είναι ανάλογο του τετραγώνου της απόστασης r από το φορτίο.
 - δ.** Το μέτρο της έντασης E του ηλεκτρικού πεδίου είναι αντιστρόφως ανάλογο του τετραγώνου της απόστασης r από το φορτίο.
8. Έχουμε ένα φορτίο Q και θέλουμε να σχεδιάσουμε τη φορά της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου σε κάποιο σημείο που απέχει απόσταση r από αυτό.
- α.** η φορά της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου είναι από το φορτίο Q προς το σημείο, αν το φορτίο είναι θετικά φορτισμένο και αντίθετη, αν το φορτίο Q είναι αρνητικό.
 - β. η φορά της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου είναι από το σημείο προς το φορτίο Q , αν το φορτίο είναι θετικά φορτισμένο και αντίθετη, αν το φορτίο Q είναι αρνητικό.
 - γ. η φορά της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου είναι από το φορτίο Q προς το σημείο, ανεξαρτήτως του αν φορτίο είναι θετικά ή αρνητικά φορτισμένο
 - δ. η φορά της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου είναι από το σημείο προς το φορτίο Q , ανεξαρτήτως του αν φορτίο είναι θετικά ή αρνητικά φορτισμένο.

Ηλεκτρικό Πεδίο - Ένταση

9. Δύο σημειακά ηλεκτρικά φορτία $Q=+4 \cdot 10^{-8}\text{C}$ και $q=+2\text{mC}$ βρίσκονται ακίνητα στα σημεία A και B και απέχουν μεταξύ τους $r=2\text{m}$. Στο χώρο του πεδίου υπάρχει αέρας $\epsilon_r=1$. Δίνεται: $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 10^9} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2}$.

Να υπολογίσετε:

- α) τη διηλεκτρική σταθερά ϵ του υλικού, μέσα στο οποίο βρίσκονται τα φορτία Q και q.
 β) την ένταση E του ηλεκτροστατικού πεδίου στο σημείο B.
 γ) τη δύναμη F που ασκείται στο φορτίο q.



Δεδομένα	Ζητούμενα
$Q=+4 \cdot 10^{-8}\text{C}$ $q=+2\text{mC}$ $r=2\text{m}$ $\epsilon_r=1$ ϵ_0	α) ϵ ; β) E στο σημείο B ; γ) F στο φορτίο q ;

ΛΥΣΗ:

$$\alpha) \quad \epsilon = \epsilon_0 * \epsilon_r = \frac{1}{4\pi * 10^9} * 1 = \frac{1}{4\pi * 10^9} \frac{\text{C}^2}{\text{N} * \text{m}^2}$$

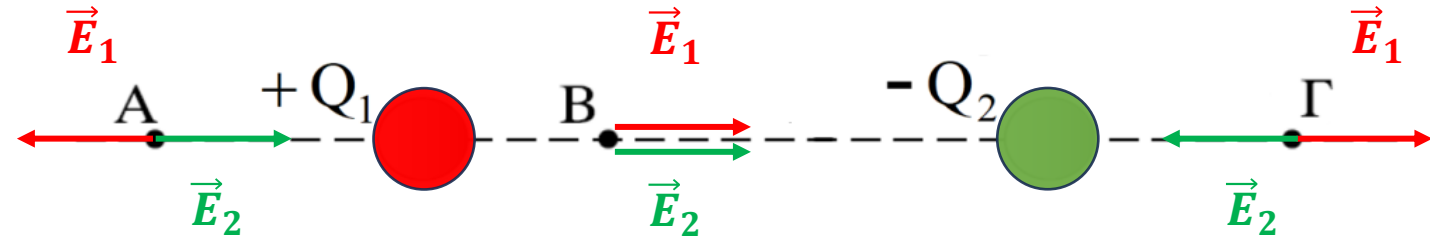
$$\beta) \quad E = \frac{Q}{4\pi * \epsilon * r^2} = \frac{4 * 10^{-8}}{4\pi * \frac{1}{4\pi * 10^9} * 2^2} = \frac{4 * 10^{-8}}{\frac{4}{10^9}} = \frac{4 * 10^9 * 10^{-8}}{4} = 10 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\gamma) \quad F = E * q = 10 * 2 * 10^{-9} = 20 * 10^{-9} \text{N} = 2 * 10^{-8} \text{N}$$

Ηλεκτρικό Πεδίο - Ένταση

10. Το παρακάτω σχήμα παριστάνει ένα θετικό ηλεκτρικό φορτίο $+Q_1$, ένα αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο $-Q_2$ και την ευθεία που τα ενώνει. Ονομάζουμε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου που προκαλεί το φορτίο Q_1 και την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου που προκαλεί το φορτίο Q_2 . Αντιγράψτε το σχήμα στο φύλλο απαντήσεων. Να σημειώσετε τη διεύθυνση και τη φορά της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου που προκαλεί κάθε ένα από τα δύο φορτία στα σημεία Α, Β και Γ.

Να υπολογίσετε:



ΛΥΣΗ:

Αιτιολόγηση:

- Η φορά της έντασης $\vec{E}_1$ του ηλεκτρικού πεδίου είναι από το φορτίο προς κάθε σημείο της ευθείας, επειδή το φορτίο είναι θετικά φορτισμένο.
- Η φορά της έντασης $\vec{E}_2$ του ηλεκτρικού πεδίου είναι από κάθε σημείο της ευθείας προς το φορτίο, επειδή το φορτίο είναι αρνητικά φορτισμένο.
- Παρατηρούμε ότι στα σημεία που βρίσκονται εκτός της ευθείας που ενώνει τα δύο φορτία (Α και Γ) τα δύο διανύσματα είναι αντίρροπα, ενώ στο σημείο μεταξύ της ευθείας που ενώνει τα δύο φορτία (Β) είναι ομόρροπα.

Ηλεκτρικό Πεδίο

Ηλεκτρικές Δυναμικές Γραμμές

Ένας άλλος τρόπος να σχηματίσουμε την εικόνα του ηλεκτρικού πεδίου είναι να σχεδιάσουμε τις δυναμικές γραμμές του όπως κάναμε με τις μαγνητικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου.

Δηλαδή, οι **Ηλεκτρικές Δυναμικές Γραμμές** είναι μια **γραφική αναπαράσταση** που μας βοηθά να κατανοήσουμε την **κατεύθυνση** και τη σχετική **ένταση** του ηλεκτρικού πεδίου σε διάφορα σημεία του χώρου.

Ορισμός

- Οι δυναμικές γραμμές είναι νοητές γραμμές που σχεδιάζονται έτσι ώστε η **εφαπτομένη** σε κάθε σημείο τους να δείχνει την **κατεύθυνση** της έντασης $\vec{E}$ του ηλεκτρικού πεδίου εκεί.



- Το πλήθος και η **πυκνότητά** τους σε μια περιοχή δείχνει το μέγεθος του πεδίου: **όσο πιο πυκνές** είναι οι γραμμές, τόσο ισχυρότερο είναι το πεδίο.

Ηλεκτρικό Πεδίο

Ηλεκτρικές Δυναμικές Γραμμές

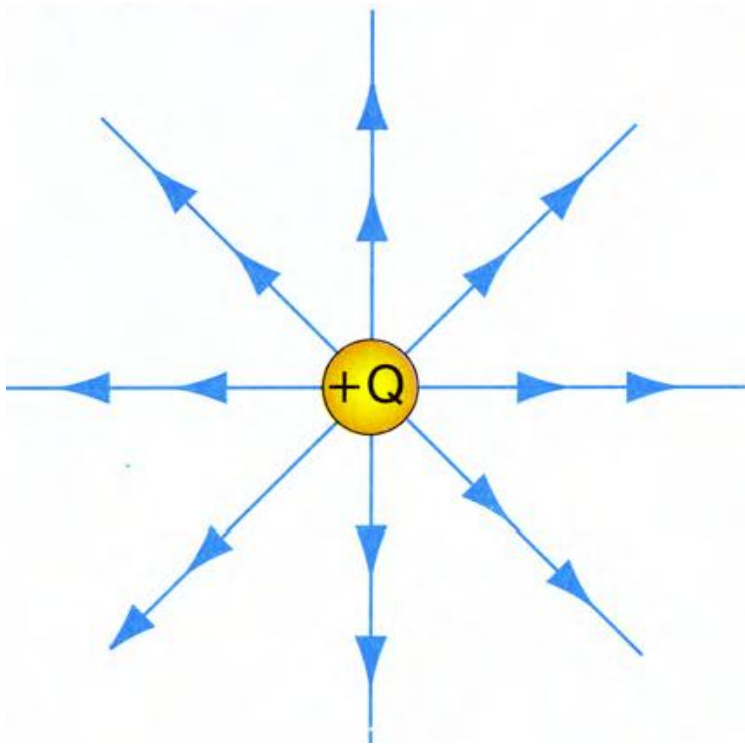
Βασικές Ιδιότητες των Δυναμικών Γραμμών

- Η φορά τους είναι από τα θετικά προς τα αρνητικά φορτία.
- Δεν τέμνονται ποτέ μεταξύ τους (γιατί σε κάθε σημείο του χώρου το ηλεκτρικό πεδίο έχει μία και μοναδική διεύθυνση).
- Η πυκνότητά τους είναι ανάλογη της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου: μεγαλύτερη ένταση σημαίνει πιο πολλές γραμμές ανά μονάδα επιφάνειας.
- Ξεκινούν από θετικά φορτία και καταλήγουν σε αρνητικά φορτία, ή τείνουν στο άπειρο αν δεν υπάρχει αντίστοιχο φορτίο κοντά.
- Είναι κάθετες στην επιφάνεια των αγωγών που βρίσκονται σε ηλεκτροστατική ισορροπία.
- Η φορά των δυναμικών γραμμών συμπίπτει με το διάνυσμα της έντασης $\vec{E}$ του ηλεκτρικού πεδίου.
- Σε κάθε σημείο της δυναμικής γραμμής το διάνυσμα της έντασης $\vec{E}$ του ηλεκτρικού πεδίου είναι εφαπτόμενο της δυναμικής γραμμής.

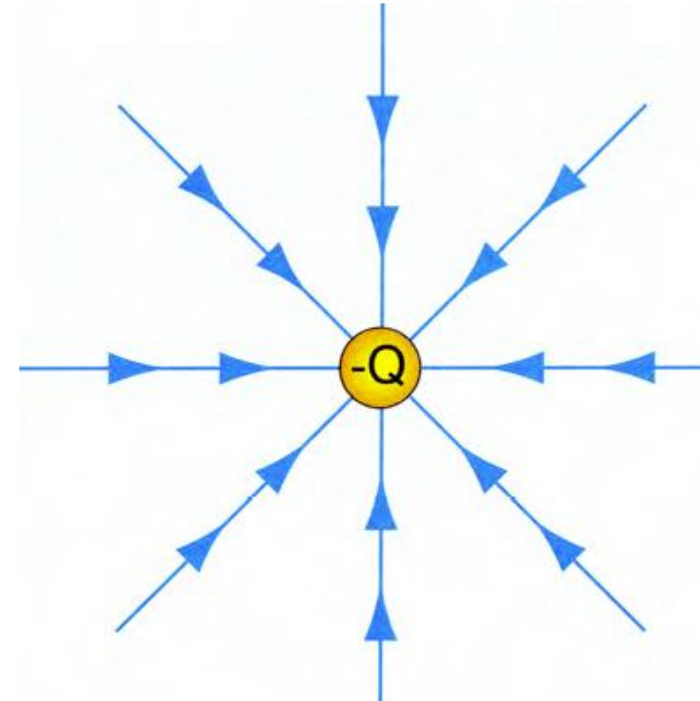
Ηλεκτρικό Πεδίο

Ηλεκτρικές Δυναμικές Γραμμές

Στα παρακάτω σχήματα απεικονίζονται δυναμικές γραμμές μερικών απλών ηλεκτρικών πεδίων:



Δυναμικές Γραμμές γύρω από θετικά φορτισμένη σφαίρα

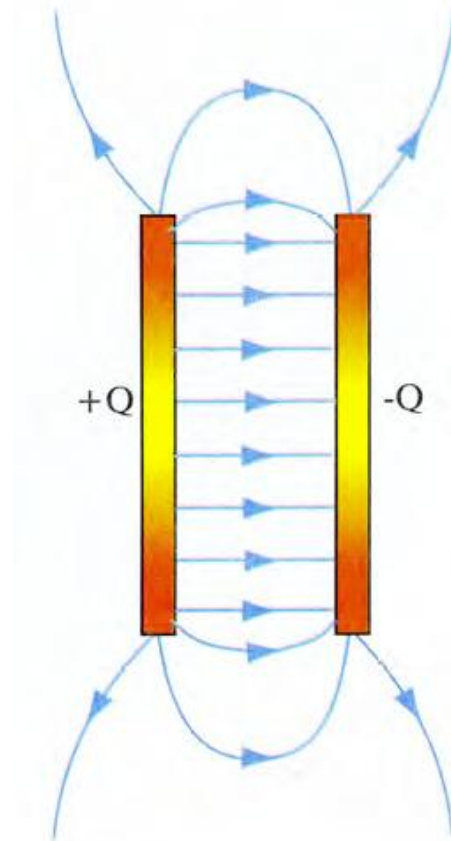


Δυναμικές Γραμμές γύρω από αρνητικά φορτισμένη σφαίρα

Ηλεκτρικό Πεδίο

Ηλεκτρικές Δυναμικές Γραμμές

Στα παρακάτω σχήματα απεικονίζονται δυναμικές γραμμές μερικών απλών ηλεκτρικών πεδίων:

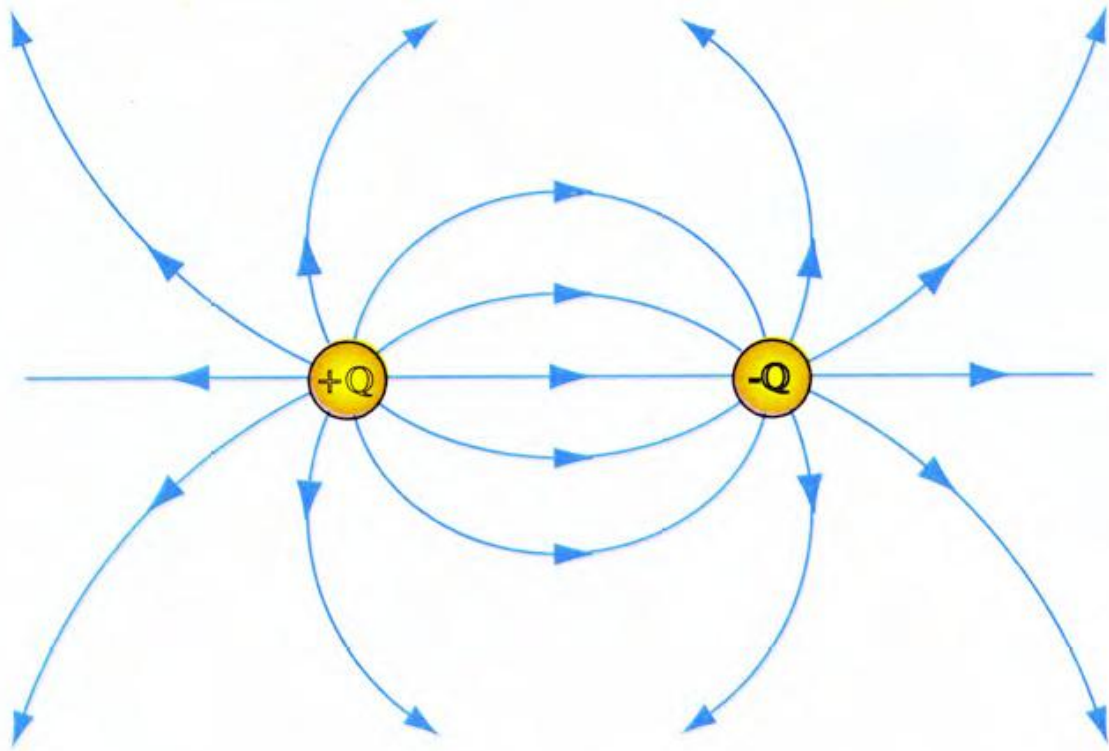


Δυναμικές Γραμμές ανάμεσα σε δύο πλάκες
φορτισμένες με ίσα και αντίθετα φορτία

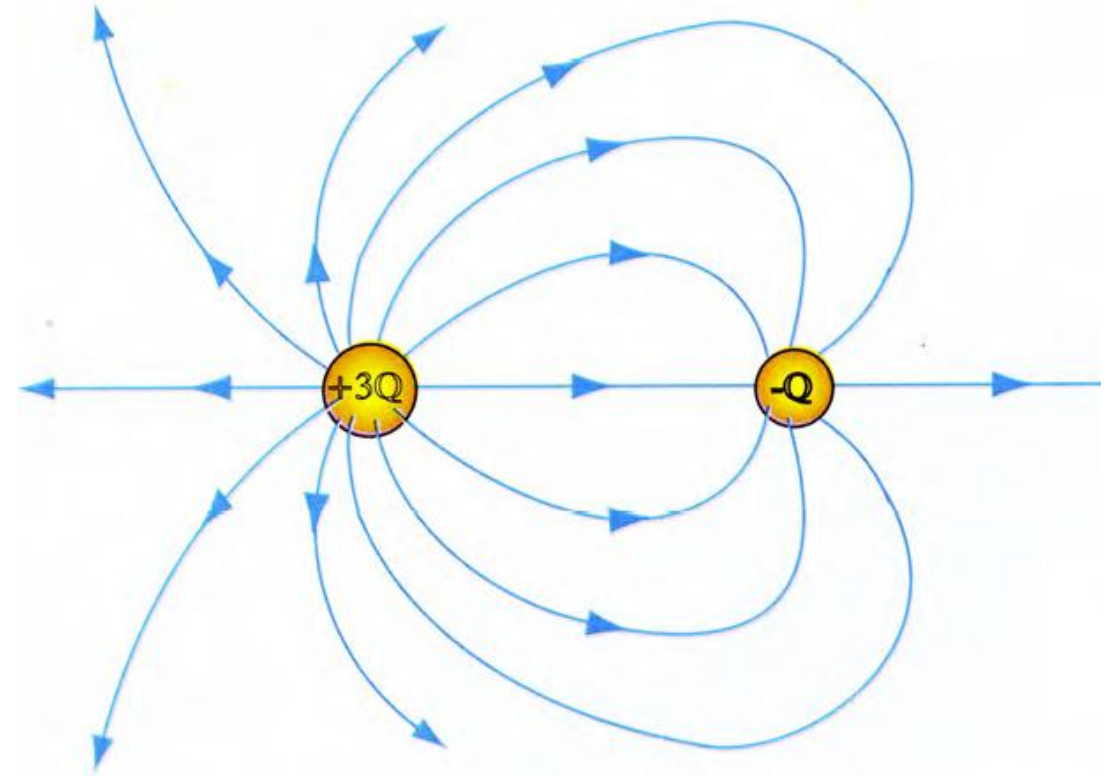
Ηλεκτρικό Πεδίο

Ηλεκτρικές Δυναμικές Γραμμές

Στα παρακάτω σχήματα απεικονίζονται δυναμικές γραμμές μερικών απλών ηλεκτρικών πεδίων:



Δυναμικές Γραμμές πεδίου που σχηματίζεται από δύο σφαίρες, ετερόνυμα φορτισμένες με φορτία $+Q$ και $-Q$



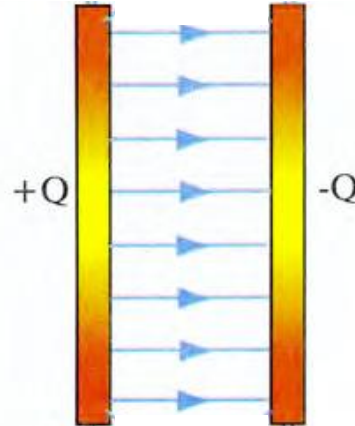
Δυναμικές Γραμμές πεδίου που σχηματίζεται από δύο σφαίρες, ετερόνυμα φορτισμένες με φορτία $+3Q$ και $-Q$

Ηλεκτρικό Πεδίο

Το Ομογενές Ηλεκτρικό Πεδίο

□ Το πεδίο που έχει σταθερή ένταση $\vec{E}$ σε όλα τα σημεία του ονομάζεται ομογενές (ή ομοιόμορφο).

Ένα τέτοιο πεδίο σχηματίζεται μεταξύ των ετερόνυμων φορτισμένων πλακών, αν εξερεθούν τα άκρα των πλακών:



Ηλεκτρικό Πεδίο

Το Ηλεκτρικό Πεδίο στο Εσωτερικό των Αγωγών

Στο εσωτερικό των αγώγιμων σωμάτων δεν υπάρχει ηλεκτρικό πεδίο. Η ένταση δηλαδή του ηλεκτρικού πεδίου είναι μηδενική:

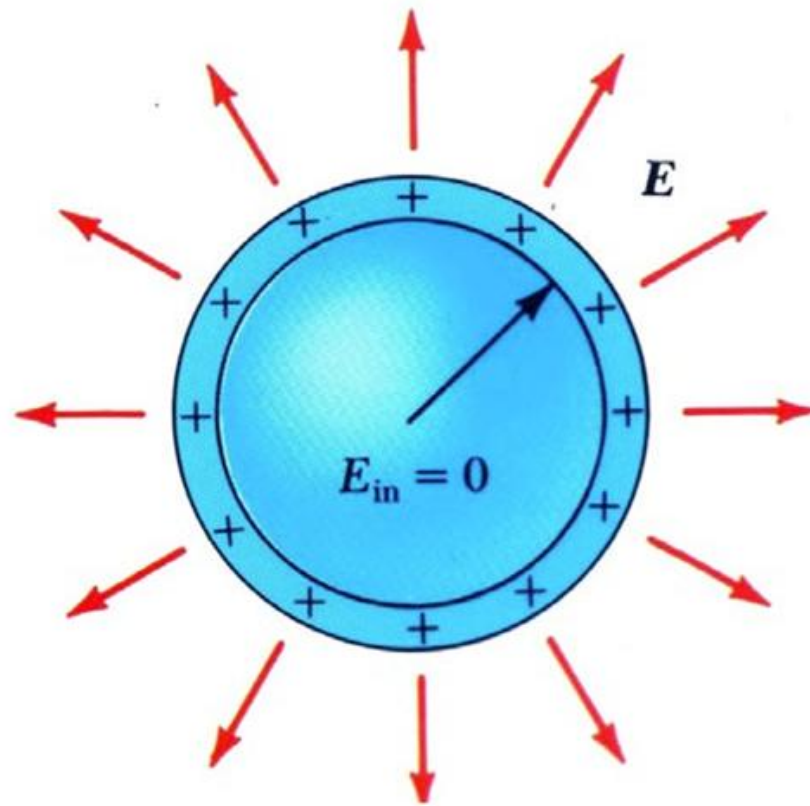
- Σε έναν αγωγό (όπως μέταλλο), υπάρχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια.
- Αν υπήρχε μη μηδενικό ηλεκτρικό πεδίο μέσα στον αγωγό, τότε τα ελεύθερα ηλεκτρόνια θα κινούνταν συνεχώς.
- Όμως, σε ηλεκτροστατική ισορροπία (δηλαδή όταν όλα είναι σταθερά και δεν υπάρχουν κινήσεις φορτίων), τα φορτία έχουν ανακατανεμηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε το εσωτερικό ηλεκτρικό πεδίο να ακυρωθεί πλήρως.
- Άρα, **το ηλεκτρικό πεδίο μέσα στον αγωγό γίνεται μηδέν.**

Επιπλέον,

- Το ηλεκτρικό φορτίο σε έναν αγωγό συγκεντρώνεται μόνο στην επιφάνειά του.
- Το ηλεκτρικό πεδίο ακριβώς έξω από την επιφάνεια είναι κάθετο στην επιφάνεια.

Ηλεκτρικό Πεδίο

Το Ηλεκτρικό Πεδίο στο Εσωτερικό των Αγωγών



Στη περίπτωση αγωγίμου υλικού, τα φορτία απωθούνται μέχρι τα όρια του αγωγίμου υλικού και συγκεντρώνονται σε ένα λεπτό στρώμα στην επιφάνεια.

Ηλεκτρικό Πεδίο

Ηλεκτροστατική Επίδραση

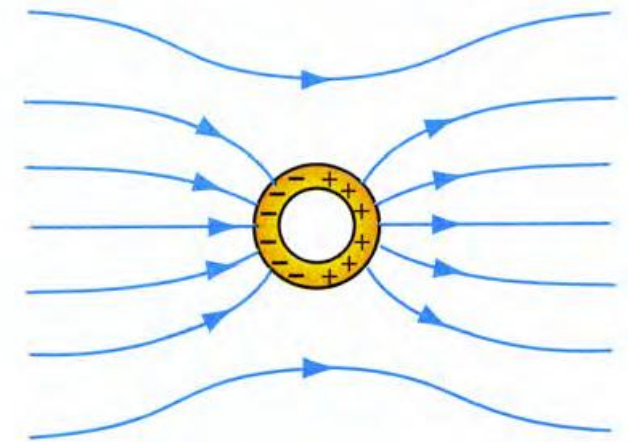
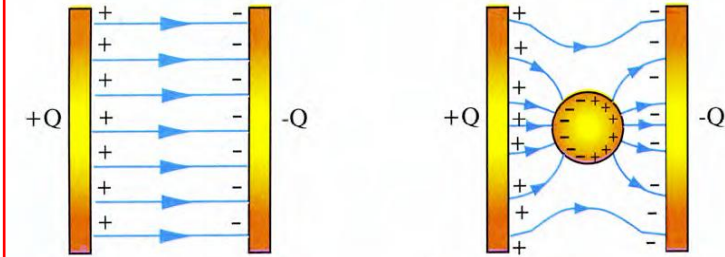
Αν ένα αγωγίμο σώμα που είναι ηλεκτρικά ουδέτερο βρεθεί μέσα σε ένα ηλεκτροστατικό πεδίο, στην επιφάνεια του σχηματίζονται **θετικά** και **αρνητικά** φορτία.

- Το **θετικό φορτίο** της σφαίρας είναι ίσο και αντίθετο με το **αρνητικό φορτίο**.
- Στο εσωτερικό της φορτισμένης σφαίρας δεν υπάρχει ηλεκτρικό πεδίο.

Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **ηλεκτροστατική επίδραση** ή **ηλεκτροστατική επαγωγή**.

Παρατηρούμε ακόμα ότι είσοδος της μεταλλικής σφαίρας στο πεδίο αλλοίωσε τις δυναμικές γραμμές του πεδίου.

- Οι δυναμικές γραμμές εμφανίζονται καμπυλωμένες σαν να **έλκονται από τη σφαίρα και είναι κάθετες στην επιφάνειά της**.
- Το ηλεκτρικό πεδίο **ενισχύθηκε κοντά στις σφαίρα** (πύκνωσαν οι δυναμικές γραμμές) και **εξαλείφθηκε στο εσωτερικό της**.
- Αν η σφαίρα είναι κοίλη, στο κενό που σχηματίζεται στο εσωτερικό της δεν υπάρχει επίσης ηλεκτρικό πεδίο.

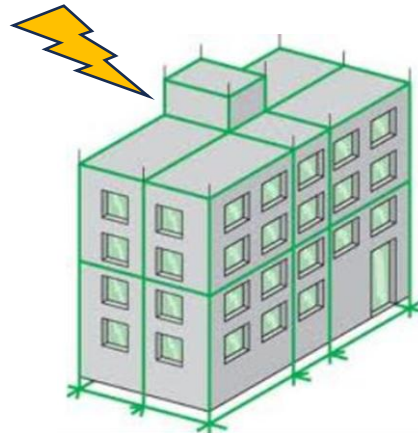
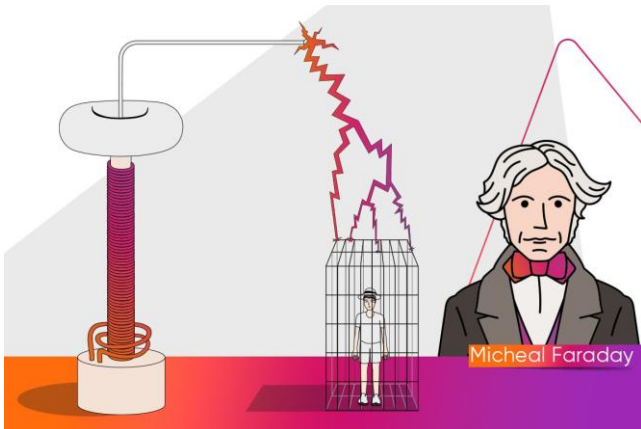
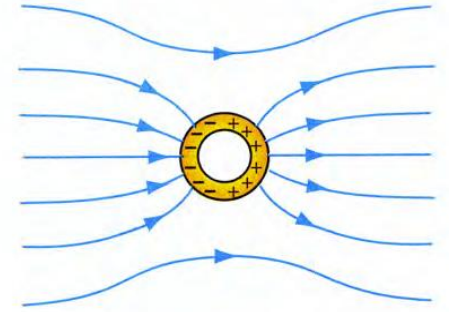


Ηλεκτρικό Πεδίο

Ηλεκτροστατική Επίδραση

Στο εσωτερικό της κοίλης αγωγίμης σφαίρας δεν υπάρχει ηλεκτρικό πεδίο

- Την ιδιότητα αυτή εκμεταλλευόμαστε για να δημιουργήσουμε χώρους απαλλαγμένους από την επίδραση εξωτερικών ηλεκτρικών πεδίων.
- Π.χ. για να προστατέψουμε διάφορα υλικά ή ευαίσθητα όργανα μετρήσεων τα οποία μπορούν να επηρεαστούν από ηλεκτρικά πεδία.
- Στις περιπτώσεις αυτές περιβάλλουμε τα υλικά ή τα όργανα με **μεταλλικά φύλλα** ή με **πλέγματα που σχηματίζουν κλωβό (κλουβί) γύρω από αυτά.**
- Ο κλωβός αυτός ονομάζεται και **κλωβός Faraday.**
- Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνουμε **ηλεκτρική θωράκιση** του ευαίσθητου υλικού.



Προστασία κτιρίων από κεραυνούς με κλωβό Faraday
(Το κτίριο περιβάλλεται με πλέγμα από αγωγούς)

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ

Ηλεκτρικό Πεδίο – Δυναμικές Γραμμές – Ηλεκτροστατική Επίδραση

Ηλεκτρικό Πεδίο - Δυναμικές Γραμμές - Ηλεκτροστατική Επίδραση

Τ.Θ 18255, 18284

1. Οι δυναμικές γραμμές ενός ηλεκτρικού πεδίου ξεκινούν από αρνητικά φορτία και καταλήγουν σε θετικά.
α) Σωστό **β) Λάθος**
2. Οι ηλεκτρικές δυναμικές γραμμές τέμνονται.
α) Σωστό **β) Λάθος**
3. Οι δυναμικές γραμμές ενός ηλεκτρικού πεδίου μας δίνουν πληροφορίες για τη διεύθυνση και τη φορά του.
α) Σωστό **β) Λάθος**
4. Όσο πιο πυκνές είναι οι δυναμικές γραμμές ενός ηλεκτρικού πεδίου, τόσο πιο ασθενέστερο είναι το πεδίο αυτό.
α) Σωστό **β) Λάθος**
5. Οι δυναμικές γραμμές του ηλεκτρικού πεδίου γύρω από μια θετικά φορτισμένη σφαίρα εκτείνονται από τη σφαίρα προς το άπειρο.
α) Σωστό **β) Λάθος**
6. Σε κάθε σημείο μιας ηλεκτρικής δυναμικής γραμμής το διάνυσμα της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου, που αντιστοιχεί στο σημείο αυτό, εφάπτεται της δυναμικής γραμμής.
α) Σωστό **β) Λάθος**
7. Η φορά των ηλεκτρικών δυναμικών γραμμών είναι πάντα αντίθετη της φοράς της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου.
α) Σωστό **β) Λάθος**
8. Για την ηλεκτρική θωράκιση ευαίσθητων οργάνων μέτρησης, τα περιβάλλουμε με μεταλλικά φύλλα ή με πλέγματα που σχηματίζουν κλωβό (κλουβί) γύρω από αυτά.
α) Σωστό **β) Λάθος**

Ηλεκτρικό Πεδίο - Δυναμικές Γραμμές - Ηλεκτροστατική Επίδραση

Τ.Θ 17771

9. Να αντιστοιχίσετε τους αριθμούς 1, 2, 3, 4, 5 των μεγεθών της στήλης Α, με ένα από τα γράμματα α, β, γ, δ, ε, στ των μονάδων τους της στήλης Β. Σημειώνεται ότι ένα γράμμα από τη στήλη Β θα περισσέψει.

Στήλη Α	Στήλη Β	Αντιστοίχιση
1. $\vec{E}$	α. Ω/A	1. β
2. $\vec{F}$	β. $\frac{N}{C}$	2. ε
3. Q	γ. m	3. δ
4. r	δ. C	4. γ
5. ϵ_0	ε. N	5. στ
	στ. $\frac{C^2}{N \cdot m^2}$	

Ηλεκτρικό Πεδίο - Δυναμικές Γραμμές - Ηλεκτροστατική Επίδραση

Τ.Θ 18255

10. Να αντιστοιχίσετε τους αριθμούς 1, 2, 3, 4, 5 των μεγεθών της στήλης Α, με ένα από τα γράμματα α, β, γ, δ, ε, στ των μονάδων τους της στήλης Β. Σημειώνεται ότι ένα γράμμα από τη στήλη Β θα περισσέψει.

Στήλη Α	Στήλη Β	Αντιστοίχιση
1. E	α. Φορτίο.	1. γ
2. F	β. Διηλεκτρική σταθερά.	2. ε
3. ε	γ. Ένταση ηλεκτρικού πεδίου.	3. β
4. Q	δ. Διηλεκτρική σταθερά του κενού.	4. α
5. ε ₀	ε. Δύναμη.	5. δ
	στ. Μαγνητική επαγωγή.	

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

Δυναμικές Γραμμές – Ηλεκτροστατική Επίδραση

Ένταση και Δυναμικό Ηλεκτρικού Πεδίου

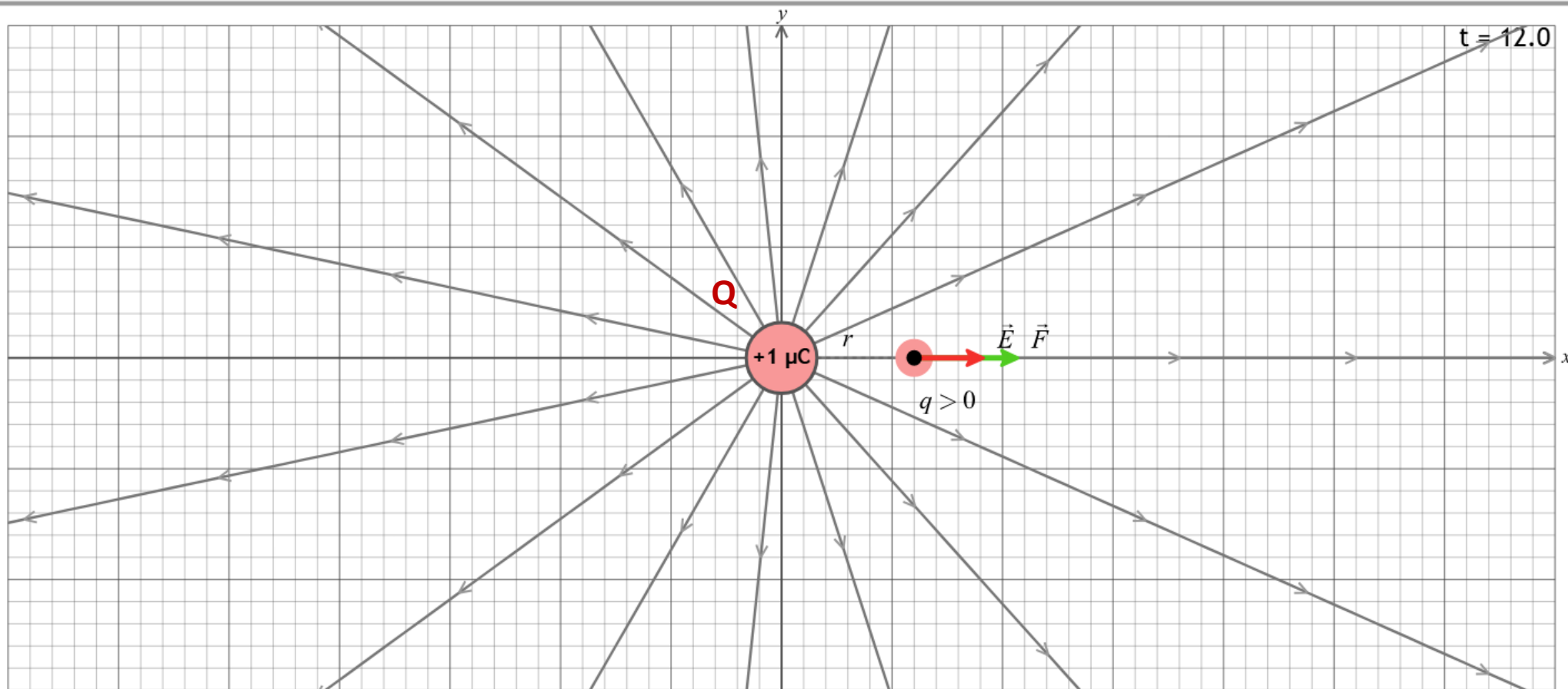
+ Προσθήκη Φορτίου

— Αφαίρεση Φορτίου

☒ Πλέγμα

☒ Έλξη στο πλέγμα

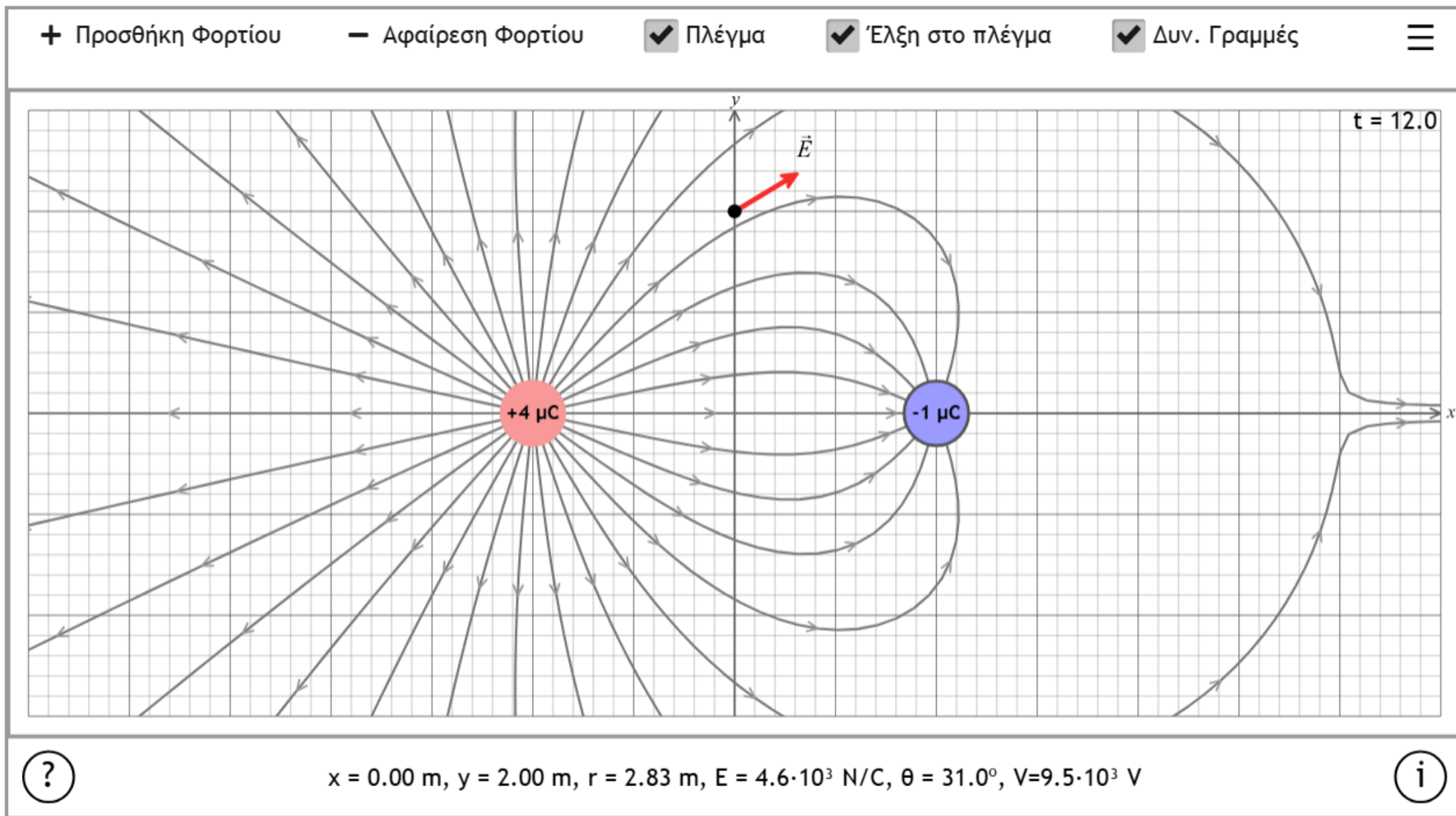
☒ Δυν. Γραμμές



$x = 1.20 \text{ m}$, $y = 0.00 \text{ m}$, $r = 1.20 \text{ m}$, $E = 6.3 \cdot 10^3 \text{ N/C}$, $\theta = 0.0^\circ$, $F = 6.2 \cdot 10^{-3} \text{ N}$, $V = 7.5 \cdot 10^3 \text{ V}$



Δυναμικές Γραμμές Ηλεκτρικού Πεδίου



Δυναμικές Γραμμές Αγωγιμών Υλικών

