

Ηλεκτροστατικές δυνάμεις και Ηλεκτρικό πεδίο

1 Η αρχή του ηλεκτρισμού

Ο ηλεκτρισμός είναι σύμφυτος με την ατομική δομή της ύλης.

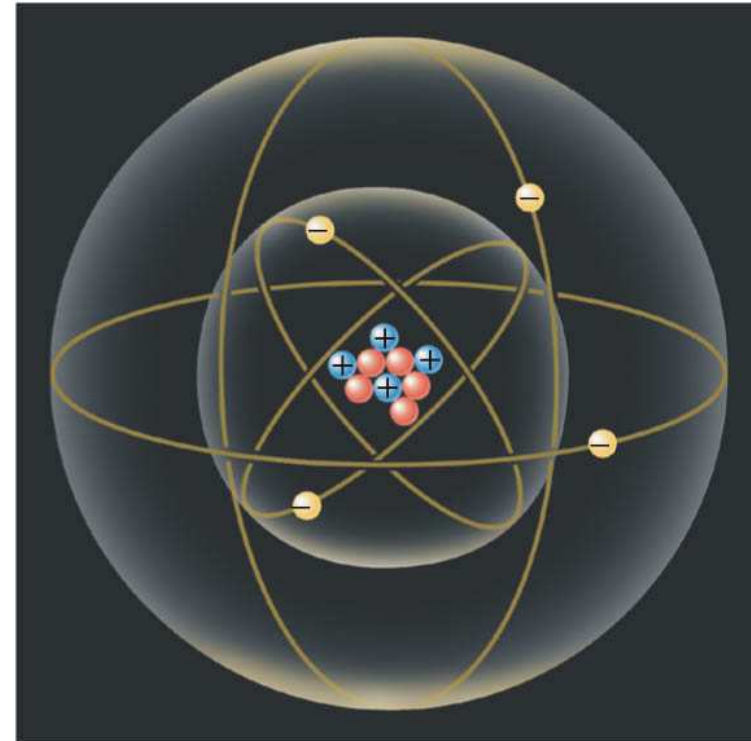
$$m_p = 1.673 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_n = 1.675 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$$

- ⊖ Ηλεκτρόνιο
- ⊕ Πρωτόνιο
- Νετρόνιο



1 Η αρχή του ηλεκτρισμού

Στη φύση τα άτομα εμφανίζονται στη συνήθη τους μορφή ως ηλεκτρικά ουδέτερα, διότι ο αριθμός των πρωτονίων ισούται με τον αριθμό των ηλεκτρονίων.

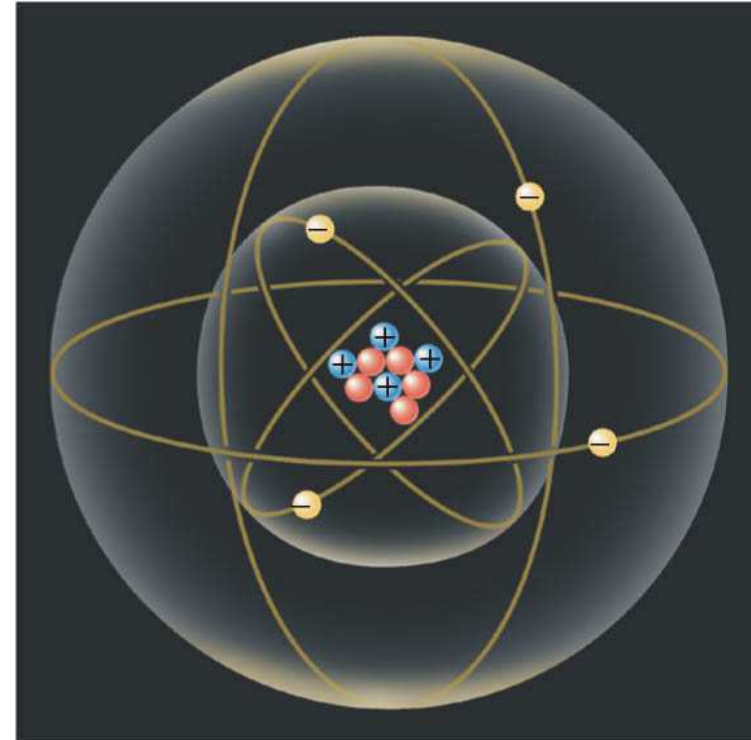
$$q = Ne$$

q = επιπλέον ηλεκτρικό φορτίο

N = αριθμός επιπλέον ηλεκτρονίων

$e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$

- ⊖ Ηλεκτρόνιο
- ⊕ Πρωτόνιο
- Νετρόνιο



1 Η αρχή του ηλεκτρισμού

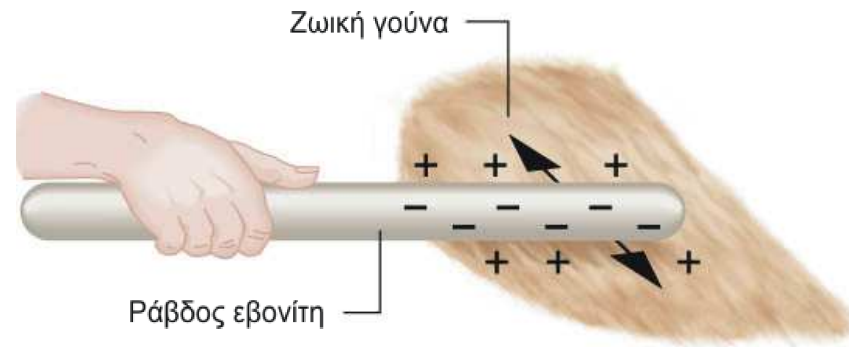
Παράδειγμα 1 Μεγάλο πλήθος ηλεκτρονίων

Πόσα επιπλέον ηλεκτρόνια έχει ένα φορτίο -1Coulomb;

$$q = Ne$$

$$N = \frac{q}{e} = \frac{1,00 \text{ C}}{1,60 \times 10^{-19} \text{ C}} = 6,25 \times 10^{18}$$

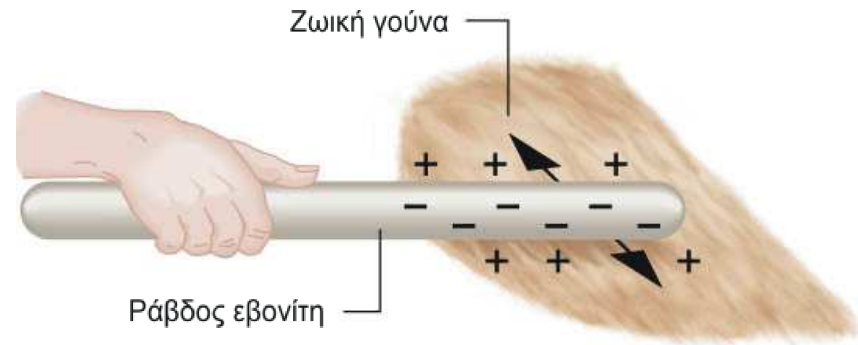
2 Φορτισμένα αντικείμενα και ηλεκτροστατικές δυνάμεις



Φορτίο μπορεί να μεταφέρεται από το ένα σώμα στο άλλο..

Το σώμα που χάνει ηλεκτρόνια έχει θετικό φορτίο, ενώ αυτό που προσλαμβάνει έχει αρνητικό φορτίο.

2 Φορτισμένα αντικείμενα και ηλεκτροστατικές δυνάμεις

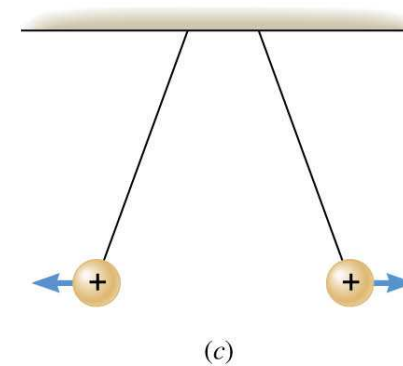
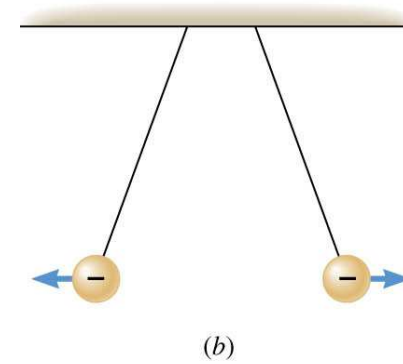
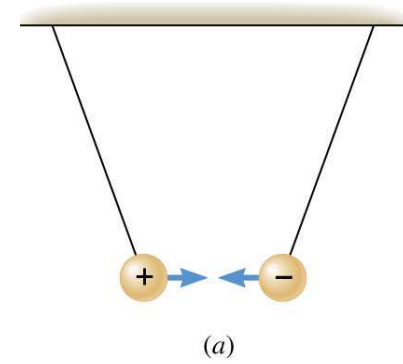


ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ

Κατά τη διάρκεια μιας διαδικασίας το συνολικό φορτίο ενός μονωμένου συστήματος παραμένει σταθερό (διατηρείται).

2 Φορτισμένα αντικείμενα και ηλεκτροστατικές δυνάμεις

**Ομώνυμα φορτία απωθούνται
και ετερόνυμα έλκονται.**



3 Αγωγοί και μονωτές

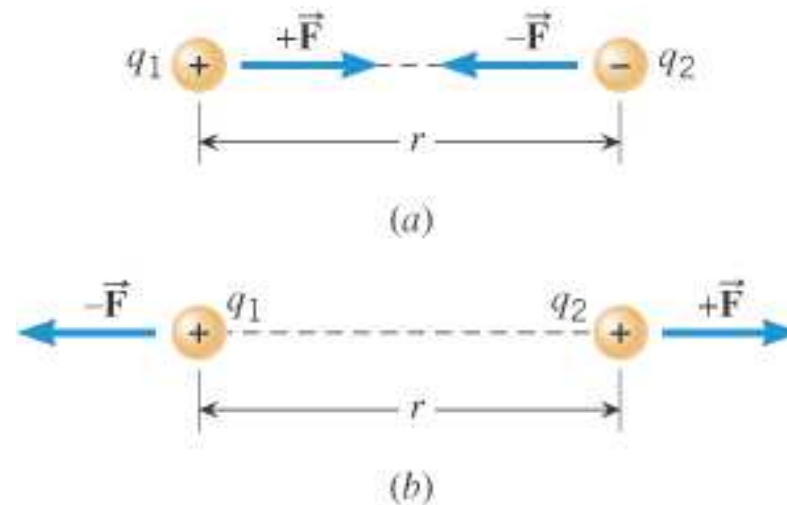


Ηλεκτρικά φορτία που εμφανίζονται σε κάποιο σώμα μπορούν να κινούνται προς μια κατεύθυνση.

Υλικά στα οποία τα ηλεκτρικά φορτία κινούνται προσανατολισμένα είναι **ηλεκτρικοί αγωγοί**.

Υλικά στα οποία τα ηλεκτρικά φορτία δεν μπορούν να έχουν προσανατολισμένη κίνηση είναι **ηλεκτρικοί μονωτές**.

18.5 Νόμος Coulomb



NΟΜΟΣ COULOMB

Το μέτρο της ηλεκτροστατικής δύναμης μεταξύ δύο σημειακών φορτίων είναι ανάλογο του γινομένου των δύο φορτίων και αντιστρόφως ανάλογο του τετραγώνου της απόστασής τους.

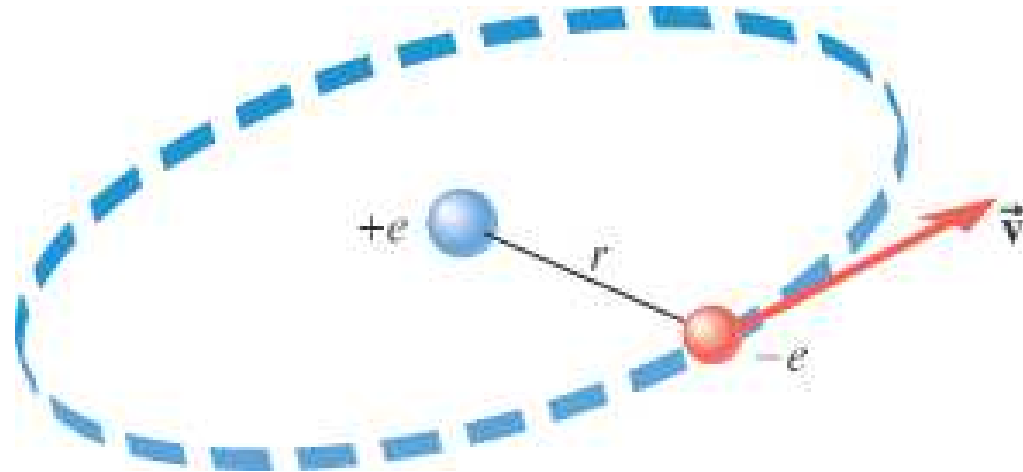
$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

$\epsilon_o = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{N} \cdot \text{m}^2)$

$$k = 1 / (4\pi\epsilon_o) = 8,99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$$

Κυριάκος Κουγιουμτζόπουλος

18.5 Νόμος Coulomb

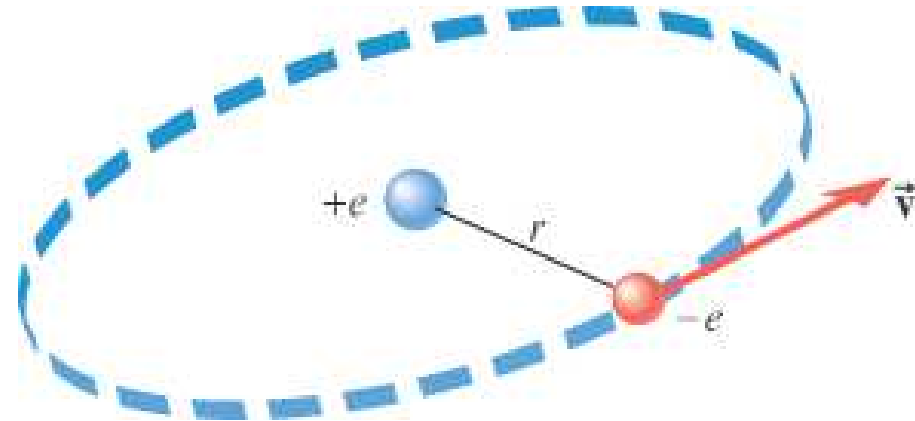


Παράδειγμα 3 Άτομο υδρογόνου

Στο άτομο του υδρογόνου, σύμφωνα με το πρότυπο Bohr, το ηλεκτρόνιο είναι σε τροχιά ακτίνας $5.29 \times 10^{-11} \text{ m}$ γύρω απ' τον πυρήνα. Προσδιορίστε την ταχύτητα κίνησης του ηλεκτρονίου. Η τροχιά θεωρείται κυκλική

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$$

18.5 Νόμος Coulomb



$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = \frac{(8,99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2)(1,60 \times 10^{-19} \text{ C})^2}{(5,29 \times 10^{-11} \text{ m})^2} = 8,22 \times 10^{-8} \text{ N}$$

$$F = ma_c = mv^2/r$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{Fr/m} = \sqrt{\frac{(8,22 \times 10^{-8} \text{ N})(5,29 \times 10^{-11} \text{ m})}{9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}}} = 2,18 \times 10^6 \text{ m/s}$$

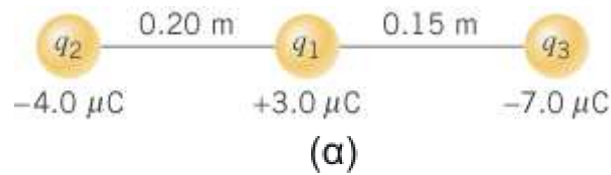
18.5 Νόμος Coulomb

Παράδειγμα 4 Τρία σημειακά φορτία σε ευθεία

Προσδιορίστε την ηλεκτροστατική δύναμη στο φορτίο q_1 .



18.5 Νόμος Coulomb

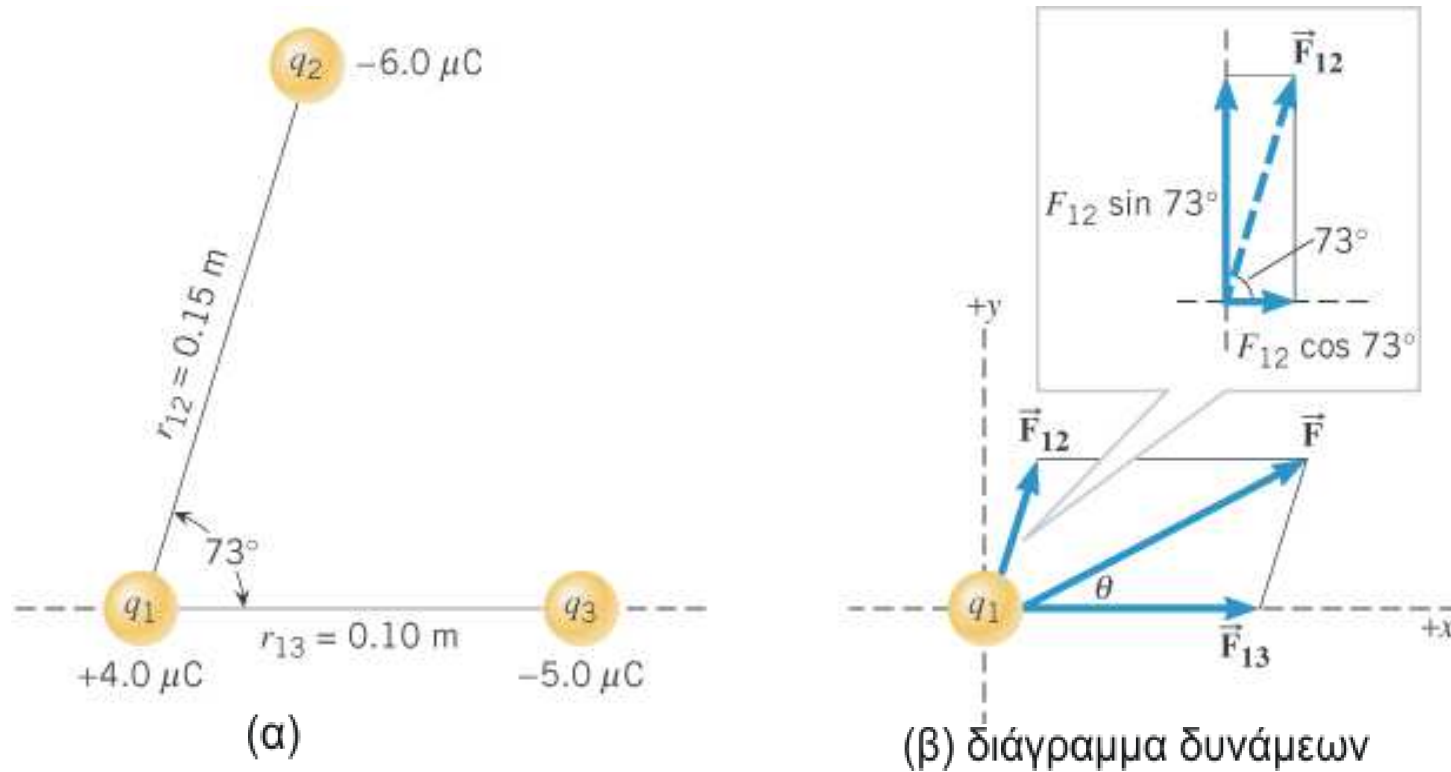


$$F_{12} = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = \frac{(8,99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2)(3,0 \times 10^{-6} \text{ C})(4,0 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0,20\text{m})^2} = -2,7\text{N}$$

$$F_{13} = k \frac{|q_1||q_3|}{r^2} = \frac{(8,99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2)(3,0 \times 10^{-6} \text{ C})(7,0 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0,15\text{m})^2} = 8,4\text{N}$$

$$\vec{F} = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} = -2,7\text{N} + 8,4\text{N} = +5,7\text{N}$$

18.5 Νόμος Coulomb



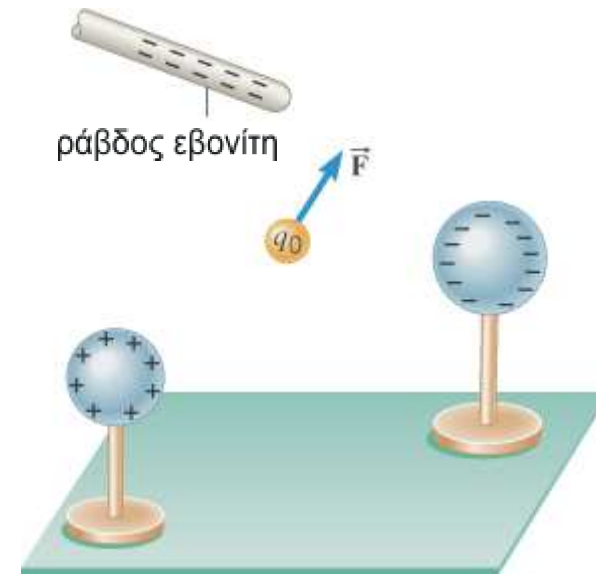
Βρείτε την ηλεκτρική δύναμη
στο φορτίο q_1

18.6 Ηλεκτρικό πεδίο

Παράδειγμα 6 Δοκιμαστικό φορτίο

Σε θετικό δοκιμαστικό φορτίο μέτρου $3.0 \times 10^{-8} \text{C}$ ασκείται δύναμη μέτρου $6 \times 10^{-8} \text{N}$.

- (α) Βρείτε τη δύναμη ανά μονάδα φορτίου.
(β) Αν αντικαταστήσουμε το δοκιμαστικό φορτίο με φορτίο $+12 \times 10^{-8} \text{C}$, τι δύναμη θα ασκείται σ' αυτό.



(a)
$$\frac{F}{q_0} = \frac{6 \times 10^{-8} \text{ N}}{3 \times 10^{-8} \text{ C}} = 2 \text{ N/C}$$

(b)
$$F = (2 \text{ N/C})(12 \times 10^{-8} \text{ C}) = 24 \times 10^{-8} \text{ N}$$

18.6 Ηλεκτρικό πεδίο

Η έννοια του ηλεκτρικού πεδίου είναι μείζονος σημασίας για τη μελέτη των ηλεκτρικών δυνάμεων. Θεωρείτε ηλεκτρικό πεδίο κάθε χώρος εντός του οποίου μπορούν να ασκηθούν ηλεκτρικές δυνάμεις.

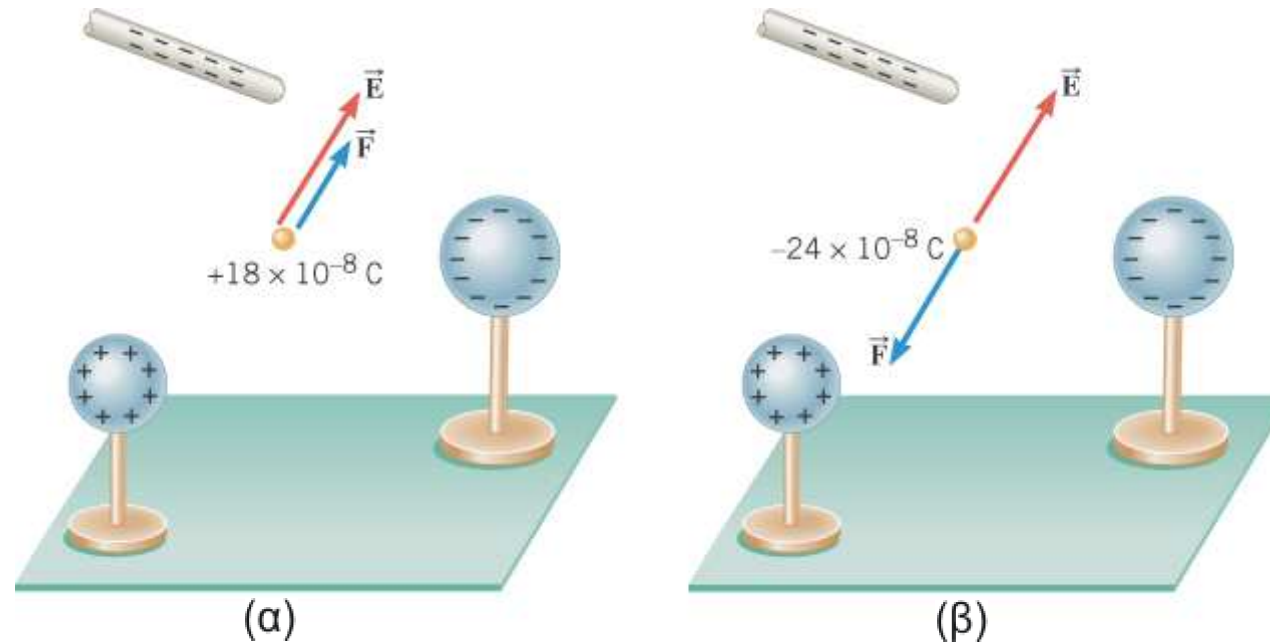
ΟΡΙΣΜΟΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

Το μέτρο της έντασης ηλεκτρικού πεδίου ορίζεται σαν το πηλίκο της δύναμης που ασκείται σε δοκιμαστικό φορτίο, προς το μέτρο του φορτίου αυτού

$$\vec{\mathbf{E}} = \frac{\vec{\mathbf{F}}}{q_o}$$

Μονάδα έντασης ηλεκτρικού πεδίου στο S.I: Newton ανά coulomb (N/C)

18.6 Ηλεκτρικό πεδίο



Το ηλεκτρικό πεδίο εμφανίζεται συνήθως λόγω της ύπαρξης άλλων φορτίων στον παρακείμενο χώρο.

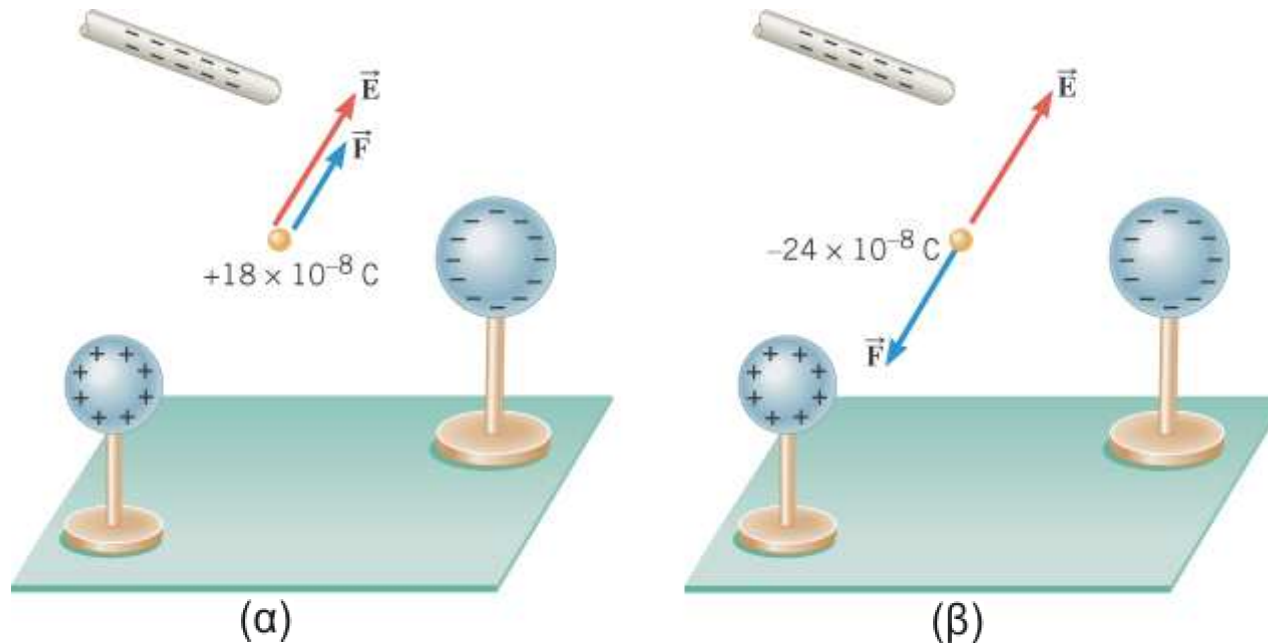
➤ *Η ηλεκτροστατική δύναμη σε θετικό φορτίο έχει την ίδια φορά με την ένταση στο σημείο αυτό.*

➤ *Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου έχει κατεύθυνση από θετικά προς αρνητικά φορτία.*

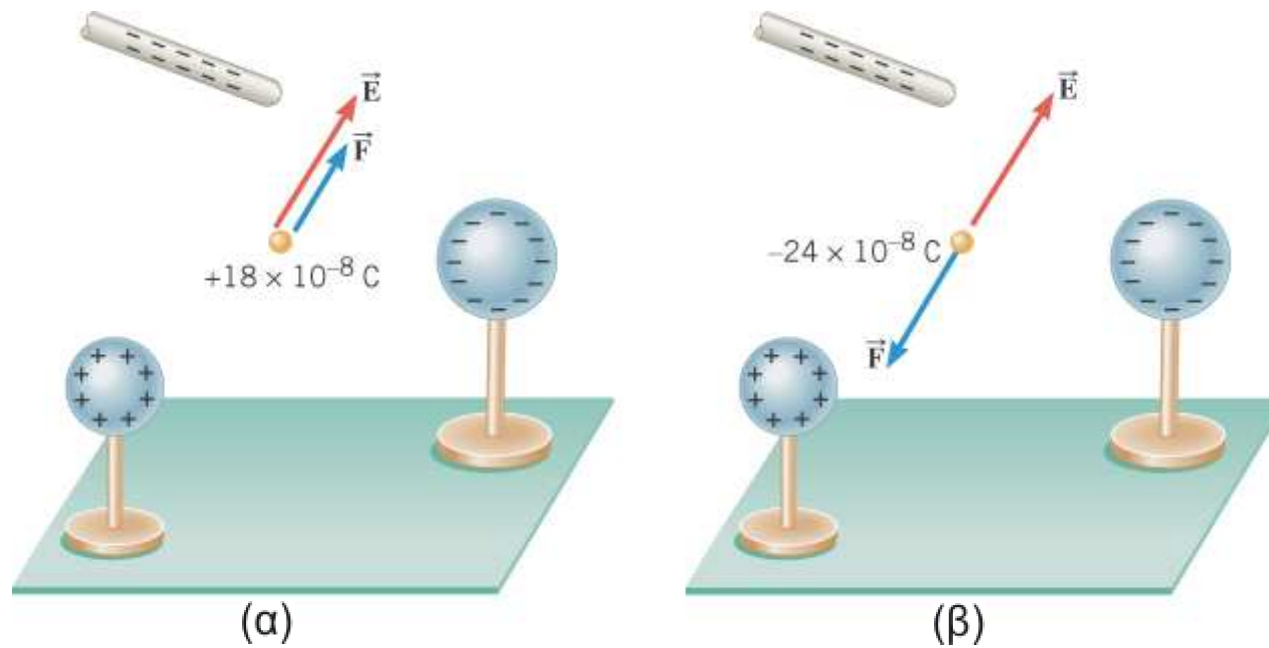
18.6 Ηλεκτρικό πεδίο

Παράδειγμα 7 Υπολογισμός της δύναμης απ' την ένταση

Βρείτε τη δύναμη που ασκείται στο φορτίο στις περιπτώσεις (α) και (β). Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στο συγκεκριμένο σημείο είναι 20 N/C .



18.6 Ηλεκτρικό πεδίο



$$(\alpha) \quad F = |q_o| E = (2 \text{ N/C})(18 \times 10^{-8} \text{ C}) = 36 \times 10^{-8} \text{ N}$$

$$(\beta) \quad F = |q_o| E = (2 \text{ N/C})(24 \times 10^{-8} \text{ C}) = 48 \times 10^{-8} \text{ N}$$

18.6 Ηλεκτρικό πεδίο

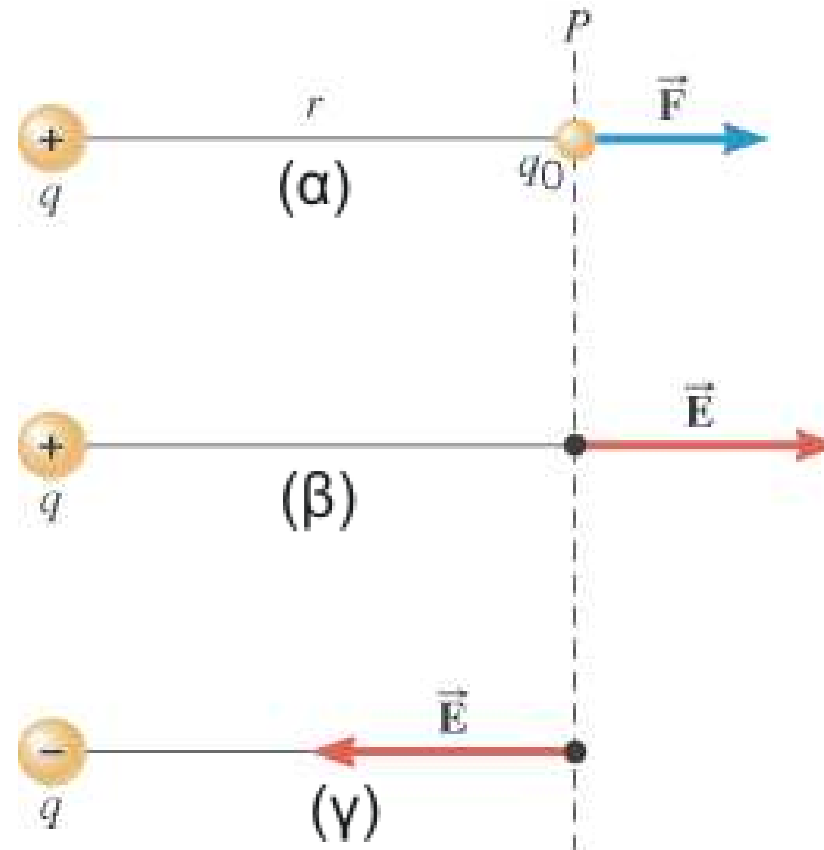
Παράδειγμα 10 Ένταση ηλεκτρικού πεδίου σε σημειακό φορτίο

Το φορτίο που δημιουργεί το πεδίο $q=+15\mu\text{C}$ είναι στο κενό. Το υπόθεμα $q_0=+0,80\mu\text{C}$ είναι σε απόσταση $0,20\text{m}$ δεξιά του φορτίου q

Βρείτε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο P.

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

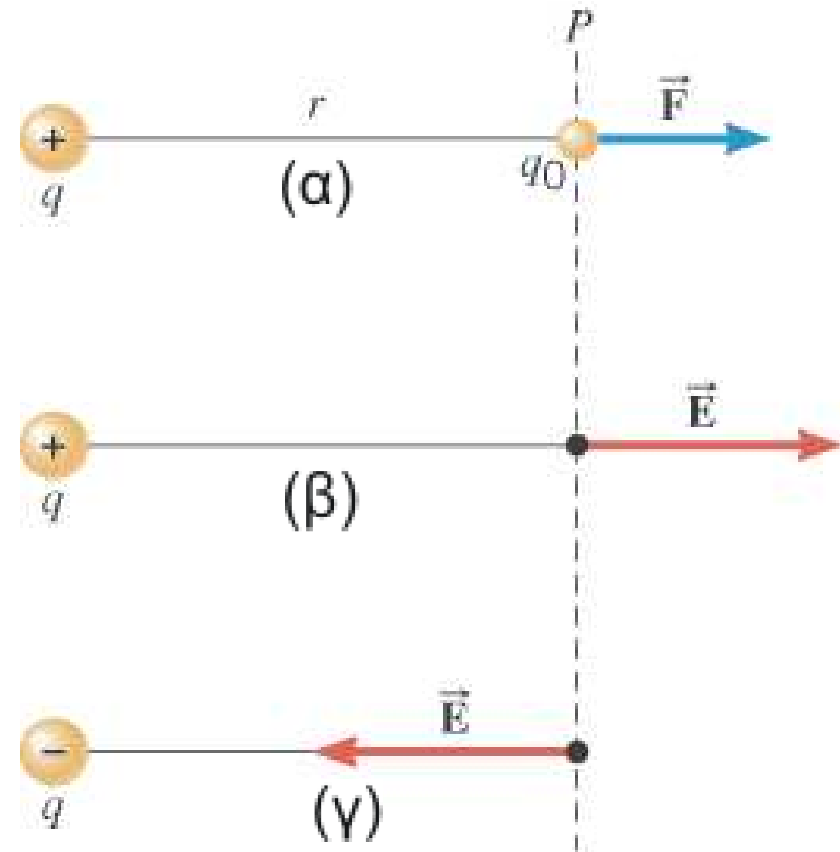
$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$



18.6 Ηλεκτρικό πεδίο

$$F = k \frac{|q||q_o|}{r^2}$$
$$= \frac{(8,99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2)(15 \times 10^{-6} \text{ C})(0,8 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0,20\text{m})^2} = 2,7\text{N}$$

$$E = \frac{F}{|q_o|} = \frac{2,7 \text{ N}}{0,8 \times 10^{-6} \text{ C}} = 3,4 \times 10^6 \text{ N/C}$$



18.6 Ηλεκτρικό πεδίο

$$E = \frac{F}{|q_o|} = k \frac{|q||q_o|}{r^2} \frac{1}{|q_o|}$$

Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου δεν εξαρτάται από το υπόθεμα.

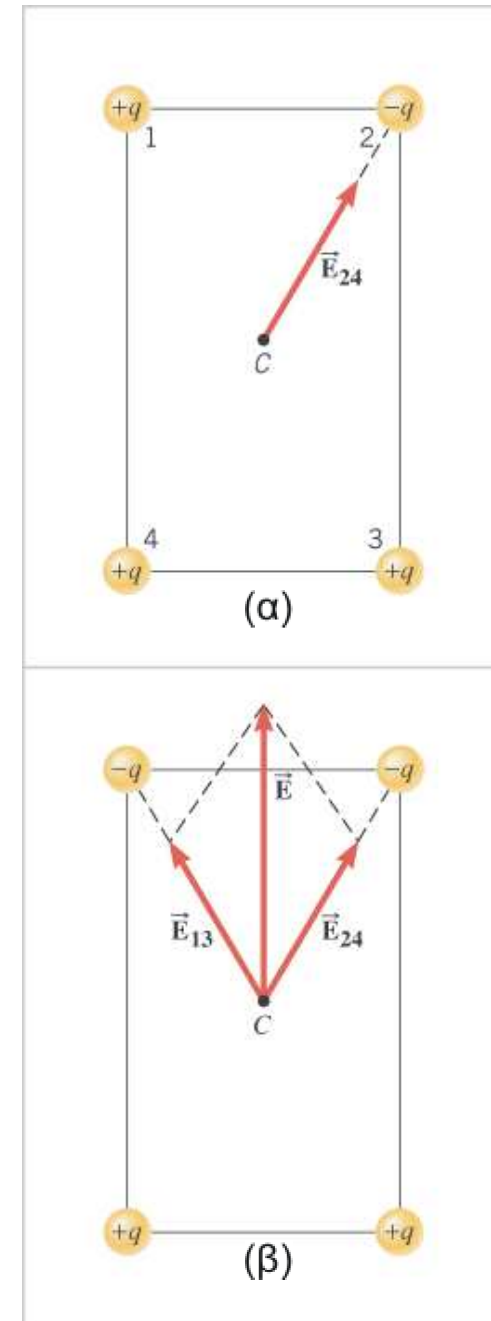
Φορτίο πηγή q :

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

18.6 Ηλεκτρικό πεδίο

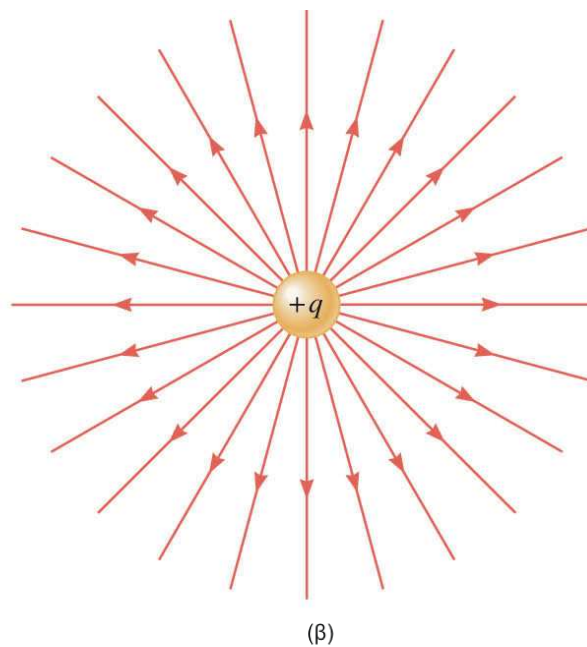
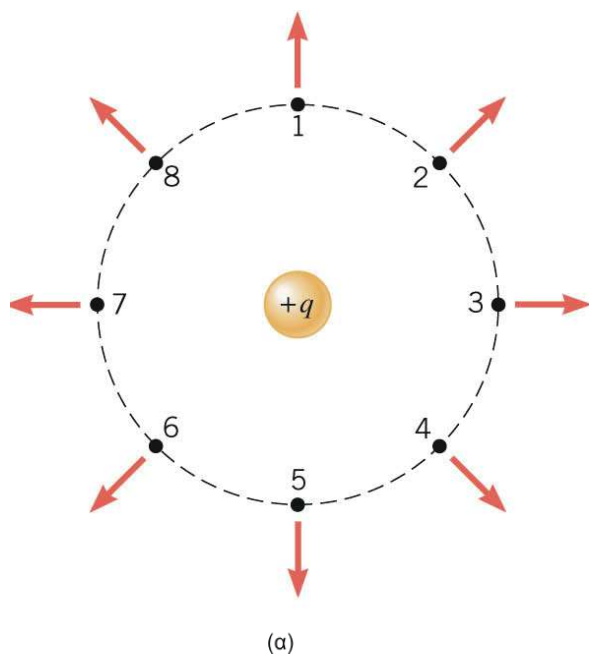
Παράδειγμα 12 Συμμετρία και ηλεκτρικό πεδίο

Σημειακά φορτία τοποθετούνται στις κορυφές ορθογωνίου. Τα φορτία έχουν την ίδια τιμή και είναι είτε θετικά είτε αρνητικά όπως φαίνεται στα δύο σχήματα α και β. Σε ποιο απ' τα δύο σχήματα το ηλεκτρικό πεδίο είναι ισχυρότερο στο κέντρο του ορθογωνίου;

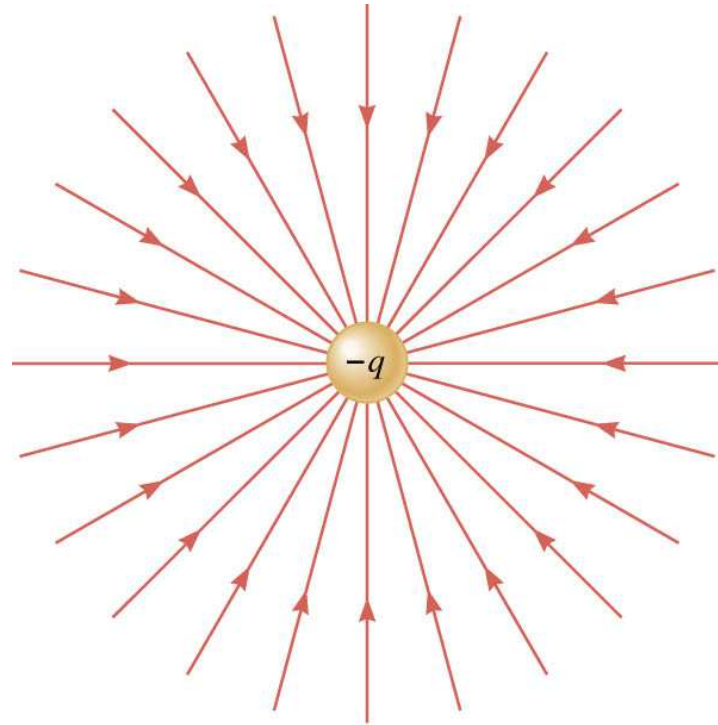


18.7 Δυναμικές γραμμές ηλεκτρικού πεδίου

Δυναμικές γραμμές ηλεκτρικού πεδίου είναι νοητές γραμμές που μας δίνουν μια εικόνα του ηλεκτρικού πεδίου στο χώρο.



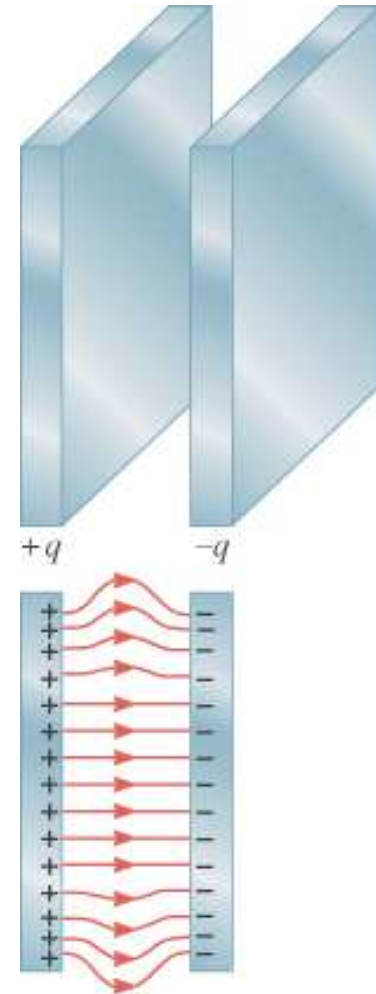
18.7 Δυναμικές γραμμές ηλεκτρικού πεδίου



Οι δυναμικές γραμμές ξεκινούν από θετικά φορτία και καταλήγουν σε αρνητικά.

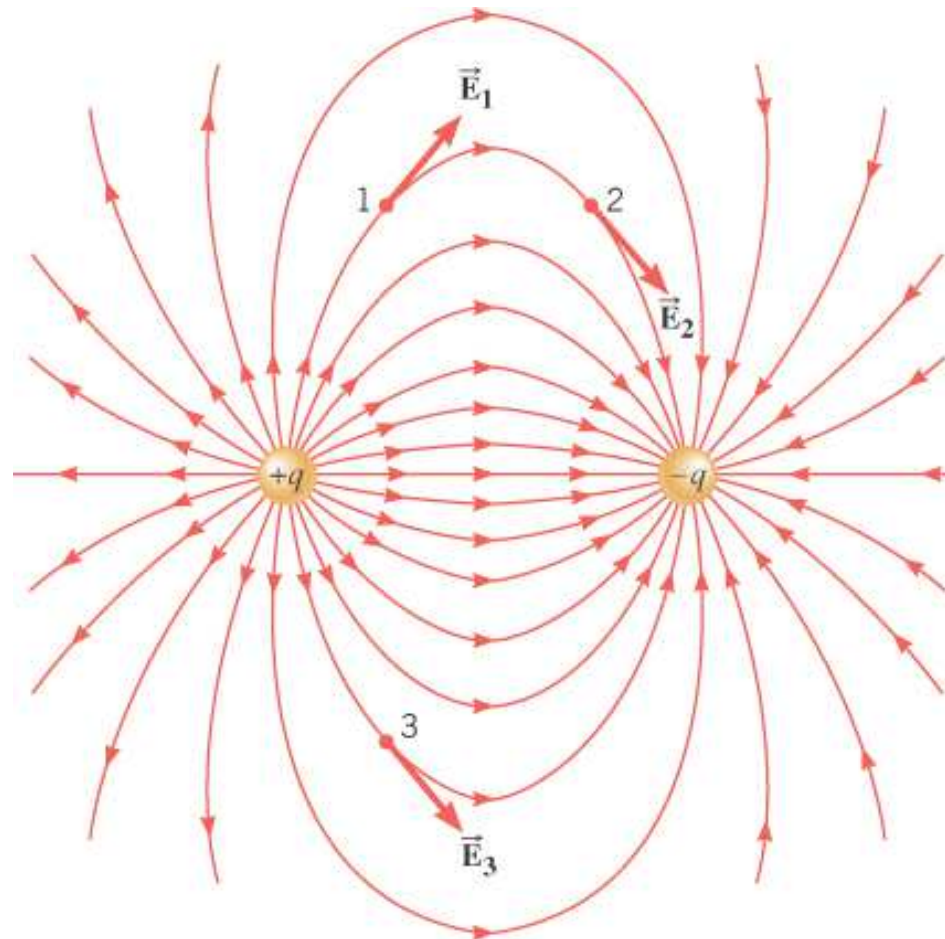
18.7 Δυναμικές γραμμές ηλεκτρικού πεδίου

Δυναμικές γραμμές ηλεκτρικού πεδίου στο χώρο μεταξύ δύο φορτισμένων μεταλλικών πλακών με ίσα και αντίθετα φορτία. Το πεδίο στον ενδιάμεσο χώρο χαρακτηρίζεται σαν **ομογενές**.

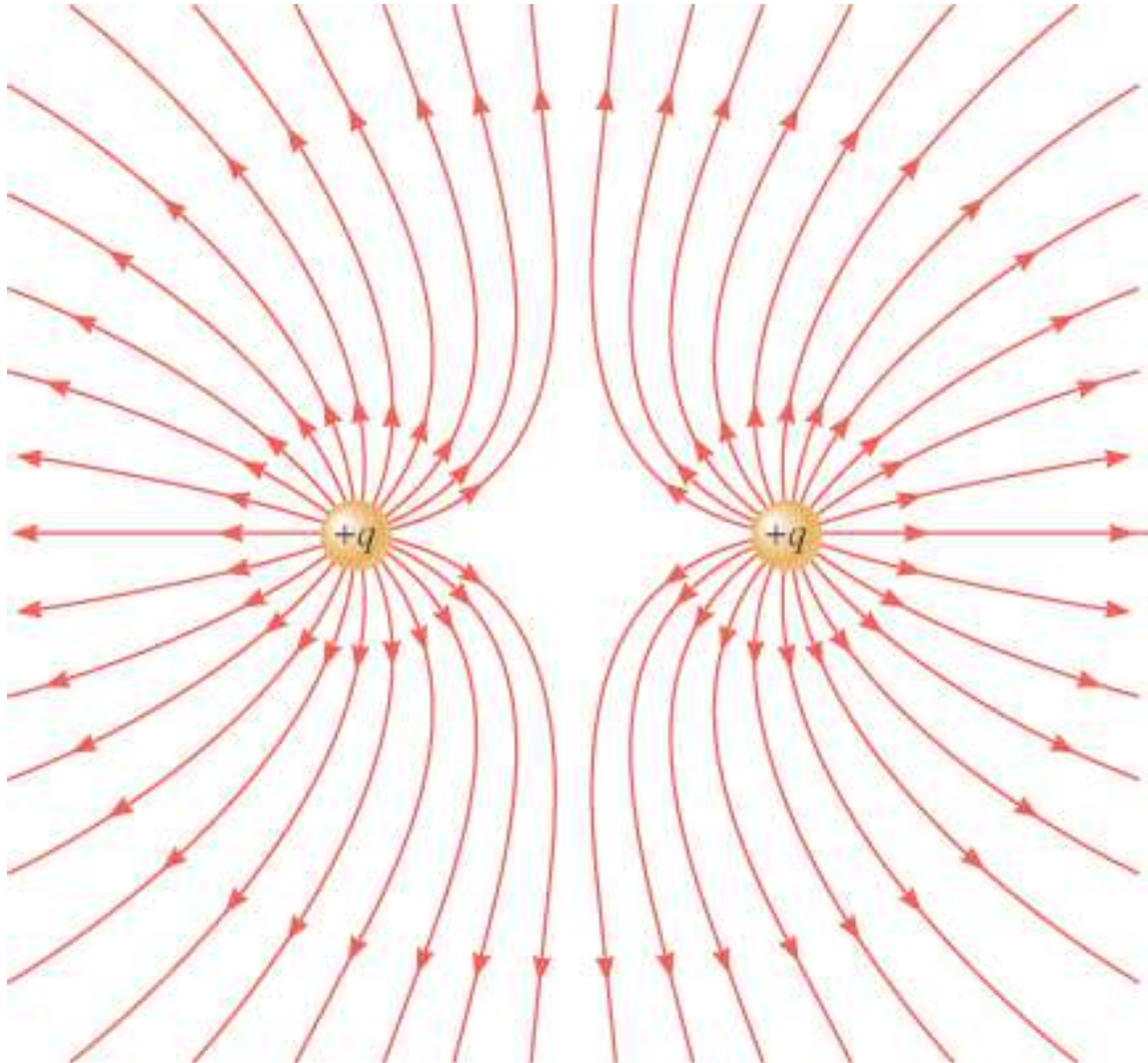


18.7 Δυναμικές γραμμές ηλεκτρικού πεδίου

Η πυκνότητα των δυναμικών γραμμών που ξεκινούν από ένα θετικό ή καταλήγουν σε αρνητικό φορτίο είναι ανάλογη του μέτρου του φορτίου.



18.7 Δυναμικές γραμμές ηλεκτρικού πεδίου

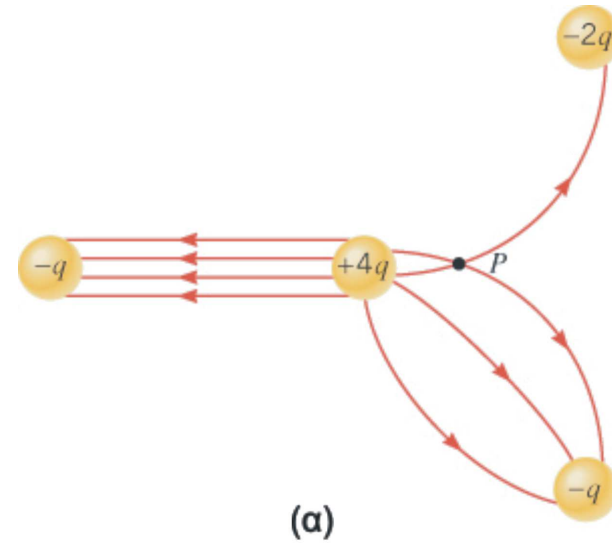


18.7 Δυναμικές γραμμές ηλεκτρικού πεδίου

Παράδειγμα 13 Σχεδίαση δυναμικών γραμμών

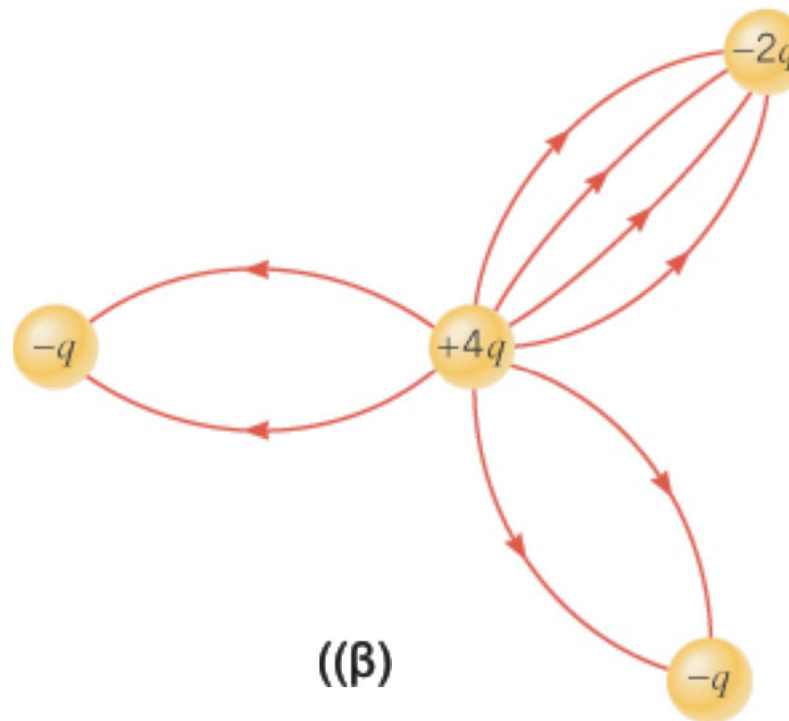
Υπάρχουν τρία σχεδιαστικά λάθη στο σχήμα α. Ποια είναι αυτά;

1. Οι δυναμικές γραμμές ποτέ δεν τέμνονται.
2. Η πυκνότητα των δυναμικών γραμμών που καταλήγουν στα αρνητικά φορτία.
3. Η μορφή των δυναμικών γραμμών

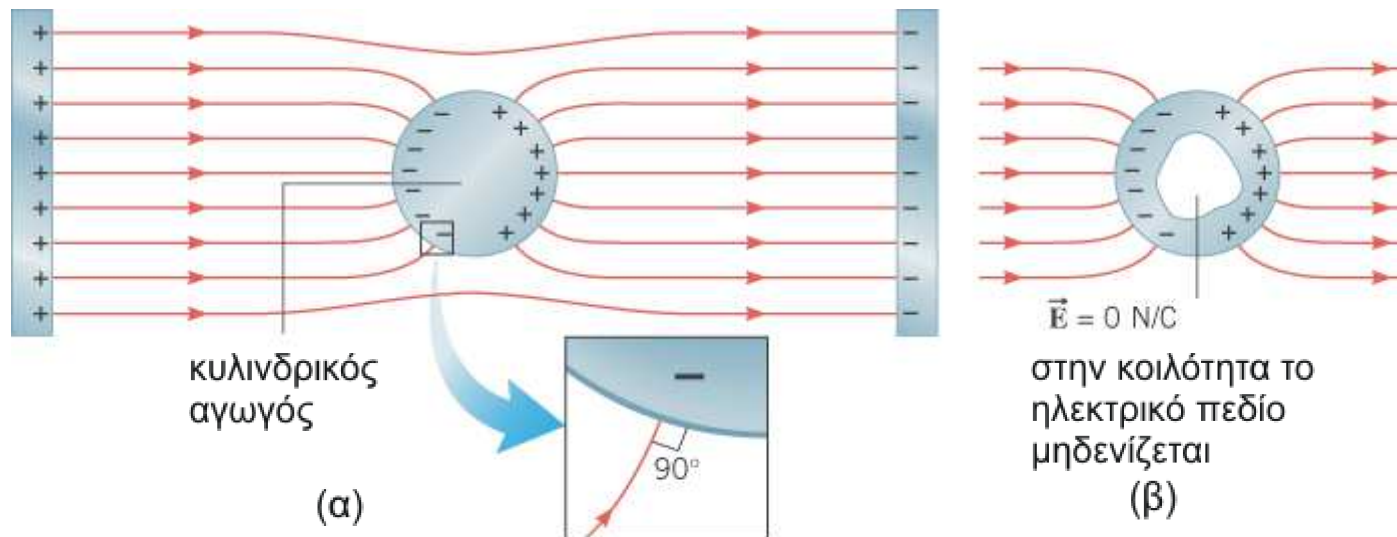


18.7 Δυναμικές γραμμές ηλεκτρικού πεδίου

1. Οι δυναμικές γραμμές ποτέ δεν τέμνονται.
2. Η πυκνότητα των δυναμικών γραμμών που καταλήγουν στα αρνητικά φορτία.
3. Η μορφή των δυναμικών γραμμών



**18.8 Ηλεκτρικό πεδίο εντός αγωγού με κοιλότητα.
Ηλεκτρική θωράκιση**



- Όταν τα φορτία βρίσκονται σε ισορροπία οι δυναμικές γραμμές είναι κάθετες στην επιφάνεια του αγωγού.
- Σε κοιλότητα αγωγού το ηλεκτρικό πεδίο εξουδετερώνεται.