



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

Ηλεκτρομαγνητισμός

- Μελέτη των φαινομένων που σχετίζονται με τον **ηλεκτρισμό** και το **μαγνητισμό**
- Νόμοι του Ηλεκτρομαγνητισμού
 - Πανταχού παρόντες!
 - Smartphones, τηλεοράσεις, ηλεκτροκινητήρες, Η/Υ, επιταχυντές σωματιδίων, κ.α.
- Ηλεκτρικός → ήλεκτρο → κεχριμπάρι
- Μαγνητικός → Μαγνησία → περιοχή που βρέθηκε για πρώτη φορά ο μαγνητίτης
- Επιστήμονες: Oersted, Faraday, Henry, **Maxwell**
 - **James Clerk Maxwell = Isaac Newton του ηλ/σμου**



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

- Όλοι έχετε δει ηλεκτρικά πεδία γύρω σας
 - Τρίψτε ένα μπαλόνι στα μαλλιά σας και θα δείτε ότι έλκει κομματάκια χαρτιού
- Μια τέτοια συμπεριφορά της ύλης αναφέρεται ως **ηλεκτρική φόρτιση**
- Απλά πειράματα έδειξαν ότι υπάρχουν δυο είδη ηλεκτρικής φόρτισης
 - Θετική και αρνητική
 - Τα ηλεκτρόνια έχουν αρνητική φόρτιση
 - Τα πρωτόνια έχουν θετική φόρτιση
- **Φορτία ίδιου προσήμου απωθούνται**
- **Φορτία αντίθετου προσήμου έλκονται**

Ηλεκτρικά Πεδία

- ◉ **Διατήρηση του ηλεκτρικού φορτίου**

- ◉ σε απομονωμένο σύστημα
- ◉ Μεταφορά φορτίου από ένα αντικείμενο σε ένα άλλο
 - ◉ Το ένα φορτίζεται θετικά, το άλλο αρνητικά
- ◉ Ποιος είναι όμως ο φορέας του φορτίου;
 - ◉ Ξέρουμε πλέον ότι τα **ηλεκτρόνια** είναι φορείς φορτίου
 - ◉ Ηλεκτρόνια μεταφέρονται από ένα υλικό σε ένα άλλο, δημιουργώντας θετικό ή αρνητικό φορτίο
- ◉ Το 1909, ο Milikan ανακάλυψε ότι το ηλεκτρικό φορτίο q συμβαίνει στη φύση σε ακέραια πολλαπλάσια ενός στοιχειώδους ηλεκτρικού φορτίου e : $q = Ne$, $N \in \mathbb{Z}$
 - ◉ Λέμε ότι το ηλεκτρικό φορτίο είναι **κβαντισμένο**
 - ◉ Ηλεκτρόνιο: φορτίο $-e$
 - ◉ Πρωτόνιο: φορτίο $+e$

Ηλεκτρικά Πεδία

- ◉ **Κατηγοριοποίηση υλικών**

- ◉ **Αγωγοί:** υλικά όπου κάποια ηλεκτρόνια είναι ελεύθερα και δεν είναι δεσμευμένα σε άτομα, και μπορούν να κινηθούν σχετικά ελεύθερα στο υλικό
 - ◉ Όταν φορτιστούν, το φορτίο κατανέμεται σε όλη την επιφάνεια του υλικού
- ◉ **Μονωτές:** υλικά που όλα τα ηλεκτρόνιά τους είναι δεσμευμένα σε άτομα και δεν μπορούν να κινηθούν ελεύθερα
 - ◉ Όταν φορτιστούν, το φορτίο κατανέμεται σε μια συγκεκριμένη περιοχή
- ◉ **Ημιαγωγοί:** με προσθήκη συγκεκριμένης ποσότητας ατόμων στο υλικό, εναλλάσσονται από αγωγοί σε μονωτές

Ηλεκτρικά Πεδία

- **Ο νόμος του Coulomb**

- Ο C. Coulomb μέτρησε το μέτρο των ηλεκτρικών δυνάμεων ανάμεσα σε φορτισμένα σωματίδια
- Από τα πειράματά του προέκυψε ότι **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

Ηλεκτρικά Πεδία

- **Ο νόμος του Coulomb**

- Πειράματα έδειξαν ότι η ηλεκτρική δύναμη είναι συντηρητική

- Μονάδα μέτρησης στο S.I. : Newton (N)

- 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 $e = 1.602 \times 10^{-19} C$

- C = Coulomb: μη θεμελιώδης μονάδα μέτρησης

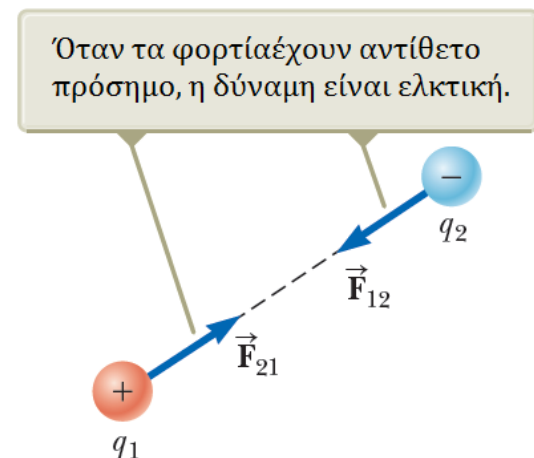
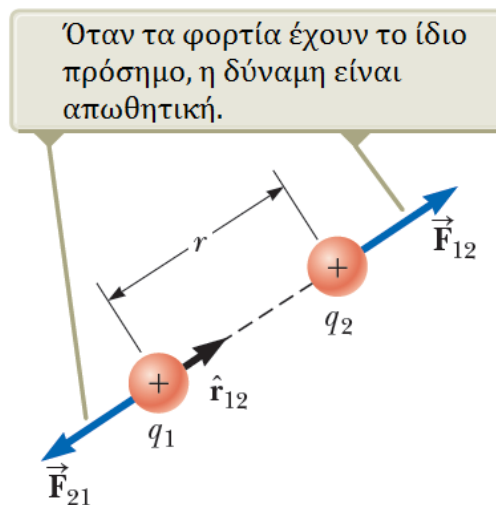
- Εξαρτάται από άλλες μονάδες που θα δούμε στη συνέχεια

Ηλεκτρικά Πεδία

- Ο νόμος του Coulomb – Διανυσματική μορφή

$$\vec{F}_{12} = k_e \frac{q_1 q_2}{r^2} \vec{r}_{12}$$

- με $\vec{r}_{12}$ το μοναδιαίο διάνυσμα από το φορτίο 1 στο φορτίο 2



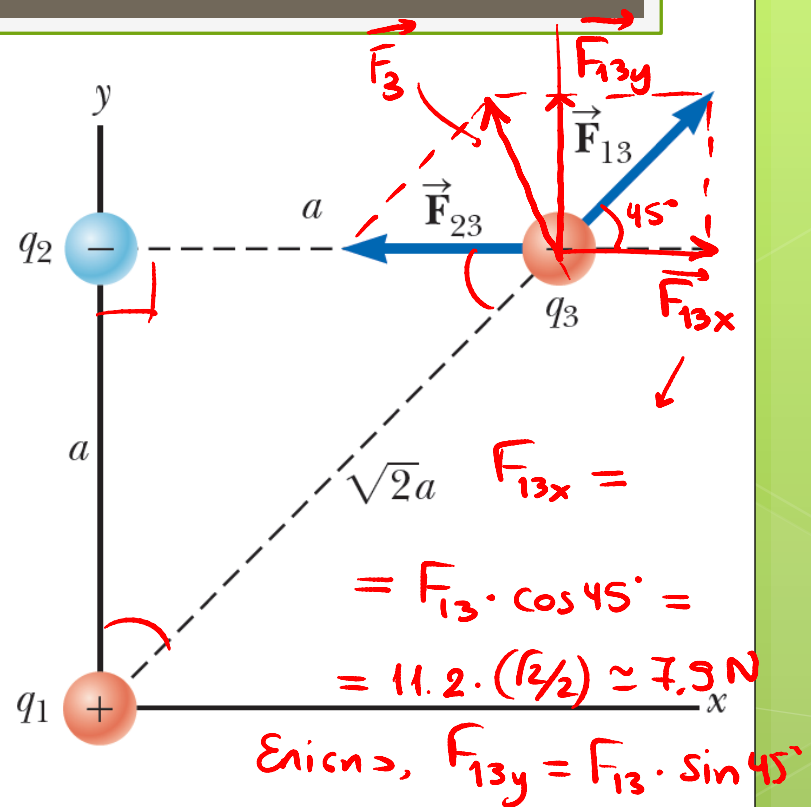
Ηλεκτρικά Πεδία

Παράδειγμα:

- Τρία σημειακά φορτία βρίσκονται στις γωνίες ενός ~~ισόπλευρου~~ ορθογωνίου τριγώνου όπως στο σχήμα.

Δίδεται ότι $q_1 = q_3 = 5 \mu\text{C}$,

$q_2 = -2 \mu\text{C}$ και $a = 0.1 \text{ m}$. Βρείτε τη συνισταμένη $\cong 7.9 \text{ N}$ ηλεκτρική δύναμη που ασκείται στο q_3 .



$$F_{23} = k_e \frac{q_2 \cdot q_3}{a^2} \cong 9 \text{ N}$$

$$F_{13} = k_e \frac{q_1 \cdot q_3}{(\sqrt{2}a)^2} = k_e \frac{q_1 \cdot q_3}{2a^2} \cong 11.2 \text{ N}$$

Ηλεκτρικά Πεδία

◉ Παράδειγμα – Λύση:

- ◉ Δίδεται ότι $q_1 = q_3 = 5 \mu\text{C}$,
 $q_2 = -2 \mu\text{C}$ και $a = 0.1 \text{ m}$.
Βρείτε τη συνισταμένη
ηλεκτρική δύναμη στο q_3 .

Οπότε:

$$\vec{F}_{3x} = \vec{F}_{13x} + \vec{F}_{23} \Rightarrow F_{3x} = F_{13x} - F_{23} = 7.9 - 9 = -1.1 \text{ N}$$

$$\vec{F}_{3y} = \vec{F}_{13y} \Rightarrow F_{3y} = F_{13y} = 7.9 \text{ N}$$

$$\text{Άρα } \vec{F}_3 = F_{3x} \cdot \vec{i} + F_{3y} \cdot \vec{j} = -1.1 \cdot \vec{i} + 7.9 \cdot \vec{j}$$

◉ Παράδειγμα – Λύση:

- ◉ Δίδεται ότι $q_1 = q_3 = 5 \mu\text{C}$,
 $q_2 = -2 \mu\text{C}$ και $a = 0.1 \text{ m}$.
Βρείτε τη συνισταμένη
ηλεκτρική δύναμη στο q_3 .

Πολική Μορφή

$(r, \theta) \rightarrow$

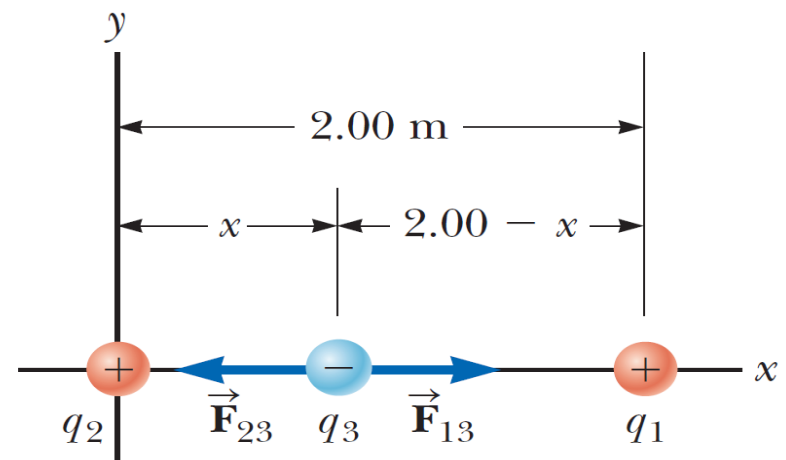
$$r = \sqrt{F_{3x}^2 + F_{3y}^2} \simeq 7.8 \text{ N}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{7.9}{-1.1}\right) = -82^\circ \xrightarrow{+n} 98^\circ$$

Ηλεκτρικά Πεδία

◉ Παράδειγμα:

- ◉ Τρία φορτισμένα σωματίδια βρίσκονται επάνω στον x -άξονα όπως στο σχήμα. Το $q_1 = 15 \mu C$ βρίσκεται στη θέση $x = 2 \text{ m}$, το $q_2 = 6 \mu C$ βρίσκεται στην αρχή των αξόνων, και η συνισταμένη των δυνάμεων στο q_3 είναι μηδέν. Βρείτε τις συντεταγμένες του q_3 .

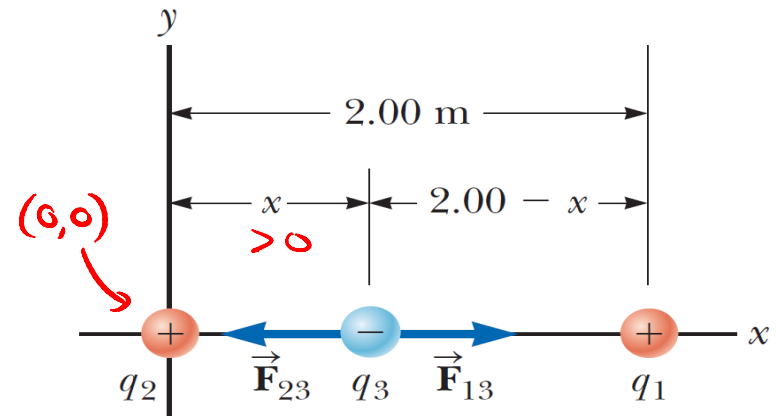


Ηλεκτρικά Πεδία

Παράδειγμα - Λύση:

- Το $q_1 = 15 \mu\text{C}$ στη θέση $x = 2 \text{ m}$, το $q_2 = 6 \mu\text{C}$

βρίσκεται στην αρχή των αξόνων, και η συνισταμένη των δυνάμεων στο q_3 είναι μηδέν. Βρείτε τις συντεταγμένες του q_3 .



$$\Sigma \vec{F}_x = \vec{0} \Rightarrow F_{23} = F_{13} \Leftrightarrow k_e \frac{|q_2| \cdot |q_3|}{x^2} = k_e \frac{|q_1| \cdot |q_3|}{(2-x)^2} \Rightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{|q_2|}{x^2} = \frac{|q_1|}{(2-x)^2} \quad \begin{matrix} \nearrow x > 0 \checkmark \\ \searrow x < 0 \times \end{matrix} \quad \text{Λύνοντας, έχουμε } x = 0.775 \text{ m.}$$

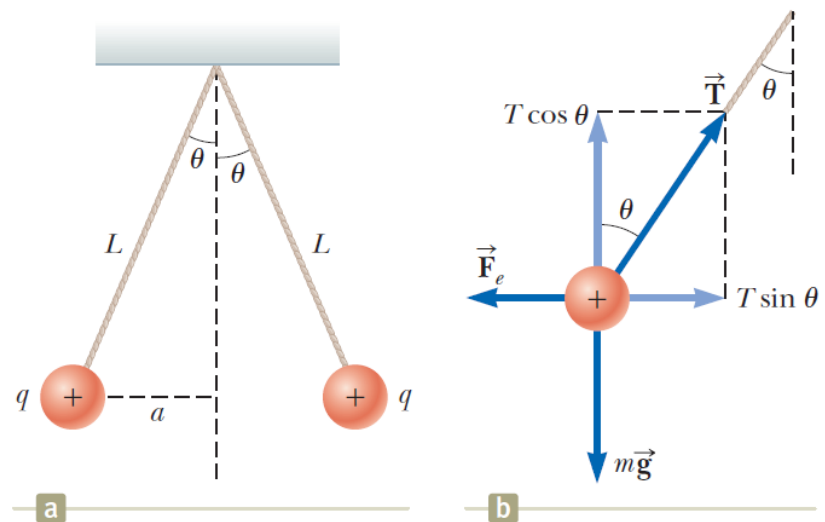
εξίσωση

Η λύση $x < 0$ απορρίπτεται (το x είναι θετικό από εξίσωση)

Ηλεκτρικά Πεδία

◉ Παράδειγμα:

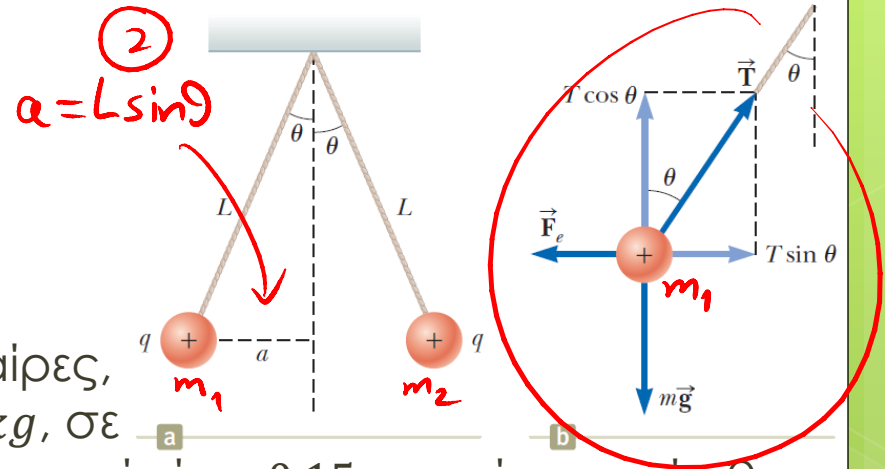
- ◉ Δυο όμοιες φορτισμένες σφαίρες, καθεμιά μάζας $m = 3 \times 10^{-2} \text{ kg}$, κρέμονται σε ισορροπία όπως στο σχήμα. Το μήκος κάθε σχοινιού είναι 0.15 m , ενώ η γωνία θ είναι 5° . Βρείτε το μέτρο του φορτίου κάθε σφαίρας.



Ηλεκτρικά Πεδία

Παράδειγμα – Λύση:

- Δυο όμοιες φορτισμένες σφαίρες, καθεμιά μάζας $m = 3 \times 10^{-2} \text{ kg}$, σε ισορροπία. Το μήκος κάθε σχοινιού είναι 0.15 m , ενώ η γωνία θ είναι 5° . Βρείτε το μέτρο του φορτίου κάθε σφαίρας.



Το αφα m_1 ισορροπεί:
$$\left. \begin{aligned} \sum \vec{F}_x &= \vec{0} \\ \sum \vec{F}_y &= \vec{0} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left. \begin{aligned} T \sin \theta &= F_e \\ T \cos \theta &= mg \end{aligned} \right\} \xRightarrow{(:)} (1)$$

$$\xRightarrow{(:)} \frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \frac{F_e}{mg} \Rightarrow \tan \theta = \frac{F_e}{mg} \Rightarrow F_e = mg \cdot \tan \theta \quad (1)$$

Ξέρουμε ότι $F_e = k_e \frac{q \cdot q}{4a^2} = k_e \frac{q^2}{4a^2} \Rightarrow q^2 = \frac{F_e \cdot 4a^2}{k_e} \quad (1)$

$$\underline{(1)} \quad \frac{mg \tan \theta \cdot 4a^2}{k_e} \quad \underline{(2)} \quad \frac{mg \tan \theta \cdot 4L^2 \sin^2 \theta}{k_e} \Rightarrow q = \sqrt{\frac{mg \tan \theta \cdot 4L^2 \sin^2 \theta}{k_e}}$$



Τέλος Διάλεξης