

Physics

$$\omega = 2\pi f$$

$$t = \frac{s}{v}$$

$$V^2 = u^2 + 2as$$

$$PE = mgh$$

$$P = \frac{W}{t}$$

$$I = \frac{V}{R}$$

$$PE = m \times g \times h$$

$$S_+ = V_+^X$$

$$S = \left(\frac{u+v}{2} \right) t$$

$$E = mg^2$$

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

$$T = \frac{E}{D + r}$$

Reminder...

- Διαλέξεις
 - Προαιρετική παρουσία!
- Είστε εδώ γιατί **θέλετε** να ακούσετε/συμμετέχετε
- Δεν υπάρχουν απουσίες
- Υπάρχει σεβασμός στους συναδέλφους σας και στην εκπαιδευτική διαδικασία
- COVID attention: προσέρχεστε με τα απαραίτητα δικαιολογητικά
- Προστατέψτε εσάς και τους συναδέλφους σας: απέχετε από το μάθημα αν δεν είστε/αισθάνεστε καλά



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 (αρχ. Ελλ.) = κεχριμπάρι (απολιθωμένη ρητίνη, παράγωγο των κωνοφόρων δένδρων)
- Μαγνητικός → Μαγνησία Μ. Ασίας (σημερινή Μανίσα, κοντά στη Σμύρνη) → περιοχή που βρέθηκε για πρώτη φορά ο μαγνητίτης
- Επιστήμονες: Oersted, Ampere, Weber, Faraday, Henry, **Maxwell**
 - **James Clerk Maxwell : Isaac Newton του ηλεκτρομαγνητισμού**



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)

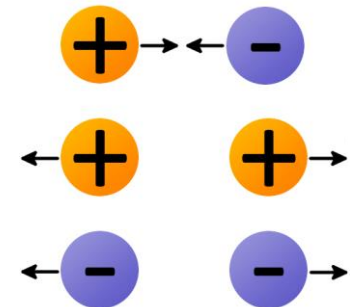
Φυσική για Μηχανικούς

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**
 - Ηλεκτρικά φορτισμένα σωματίδια κινούνται από τα μαλλιά σας στο μπαλόνι
 - Πλησιάζοντας το στα κομμάτια χαρτί, τα φορτισμένα σωματίδια έλκουν κάποια άλλα φορτισμένα σωματίδια στο χαρτί
- Πειράματα έδειξαν ότι υπάρχουν δυο είδη ηλεκτρικού φορτίου
- Ονομάστηκαν **θετικό** και **αρνητικό φορτίο**
 - Τα **ηλεκτρόνια** (ή και άλλα σωματίδια) έχουν **αρνητικό φορτίο**
 - Τα **πρωτόνια** (ή και άλλα σωματίδια) έχουν **θετικό φορτίο**
- Φορτία ίδιου προσήμου απωθούνται
- Φορτία αντίθετου προσήμου έλκονται



Ηλεκτρικά Πεδία

- Διατήρηση του ηλεκτρικού φορτίου
 - ...σε απομονωμένο σύστημα
 - Μεταφορά (όχι δημιουργία!) φορτίου από ένα σώμα σε ένα άλλο
 - Το ένα φορτίζεται **θετικά (πλεόνασμα θετικού φορτίου)**, το άλλο **αρνητικά (πλεόνασμα αρνητικού φορτίου)**
 - Ποιος είναι όμως ο «φορέας» του φορτίου;
 - Ξέρουμε πλέον ότι – στα μέταλλα – τα **ηλεκτρόνια** μεταφέρουν φορτίο, τα οποία μεταφέρονται από ένα μέταλλο σε ένα άλλο, δημιουργώντας θετική ή αρνητική φόρτιση
- Το 1909, ο R. Milikan ανακάλυψε ότι το ηλεκτρικό φορτίο q απαντάται στη φύση σε ακέραια πολλαπλάσια ενός στοιχειώδους ηλεκτρικού φορτίου e :
$$q = Ne, \quad N \in \mathbb{Z}$$
 - Λέμε ότι το ηλεκτρικό φορτίο είναι **κβαντισμένο**
 - **Ηλεκτρόνιο**: φορτίο $-e$
 - **Πρωτόνιο**: φορτίο $+e$

Ηλεκτρικά Πεδία

- Κατηγοριοποίηση υλικών

- **Αγωγοί:** υλικά (χαλκός, αλουμίνιο, άργυρος, κλπ) όπου κάποια ηλεκτρόνια είναι ελεύθερα και δεν είναι δεσμευμένα σε άτομα, και μπορούν να κινηθούν σχετικά ελεύθερα στο υλικό
 - Όταν φορτιστούν, το φορτίο κατανέμεται άμεσα σε όλη την επιφάνεια του υλικού
- **Μονωτές:** υλικά (γυαλί, ξύλο, κλπ) που όλα τα ηλεκτρόνια 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 (πυρίτιο, γερμάνιο), εναλλάσσονται από αγωγοί σε μονωτές

Ηλεκτρικά Πεδία

- **Ο νόμος του Coulomb**

- Ο Charles Coulomb ανακάλυψε πειραματικά το μέτρο των ηλεκτρικών δυνάμεων ανάμεσα σε ακίνητα φορτισμένα σωματίδια
- Από τα πειράματά του προέκυψε ότι: η ηλεκτρική δύναμη ανάμεσα σε δυο ακίνητα φορτισμένα σωματίδια q_1, q_2 (μηδενικού μεγέθους - σημειακά) που απέχουν απόσταση r μεταξύ τους δίνεται από τη σχέση

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

όπου k_e ονομάζεται σταθερά του Coulomb

Ηλεκτρικά Πεδία

- **Ο νόμος του Coulomb**

- Πειράματα έδειξαν ότι η ηλεκτρική δύναμη είναι συντηρητική
- Μονάδα μέτρησης ηλεκτρ. δύναμης στο S.I. : Newton (N)
- Το μικρότερο ελεύθερο φορτίο που έχει βρεθεί στη φύση είναι $e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$
 - C = Coulomb: μονάδα μέτρησης φορτίου
 - Μη θεμελιώδης μονάδα μέτρησης
 - Εξαρτάται από άλλες μονάδες που θα δούμε στη συνέχεια

- **Σταθερά k_e**

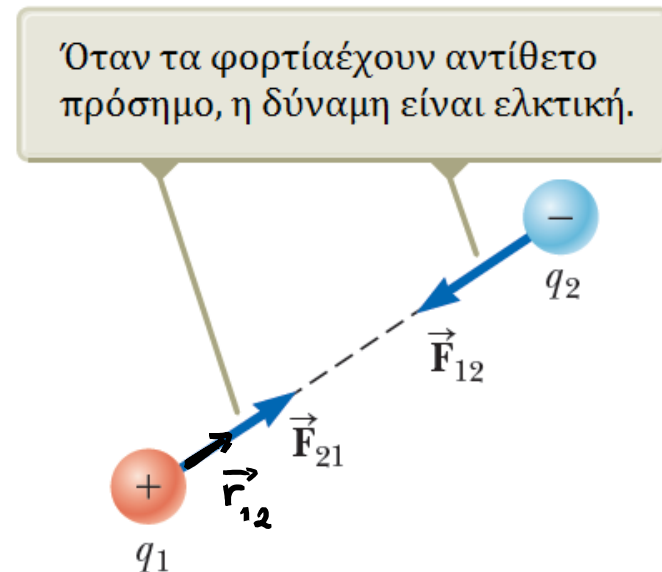
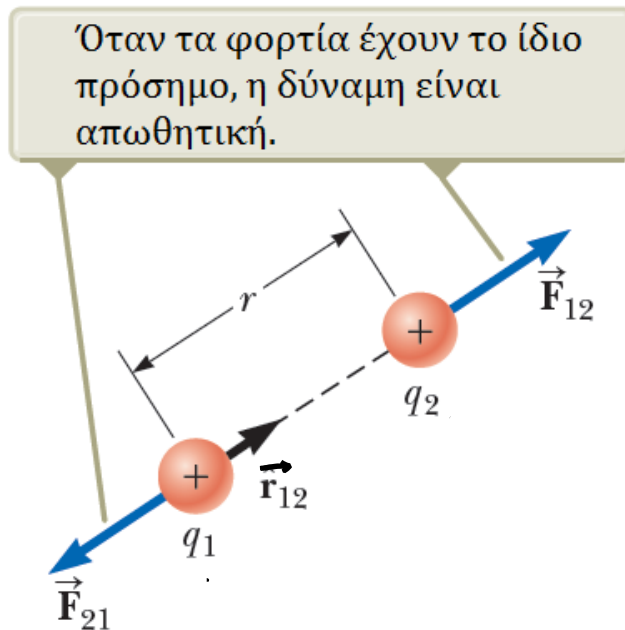
- $k_e = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$ (περίπου)
- Επίσης, γράφεται ως $k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$
 - όπου ϵ_0 η **διηλεκτρική σταθερά του κενού**

Ηλεκτρικά Πεδία

Ο νόμος του Coulomb – Διανυσματική μορφή

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

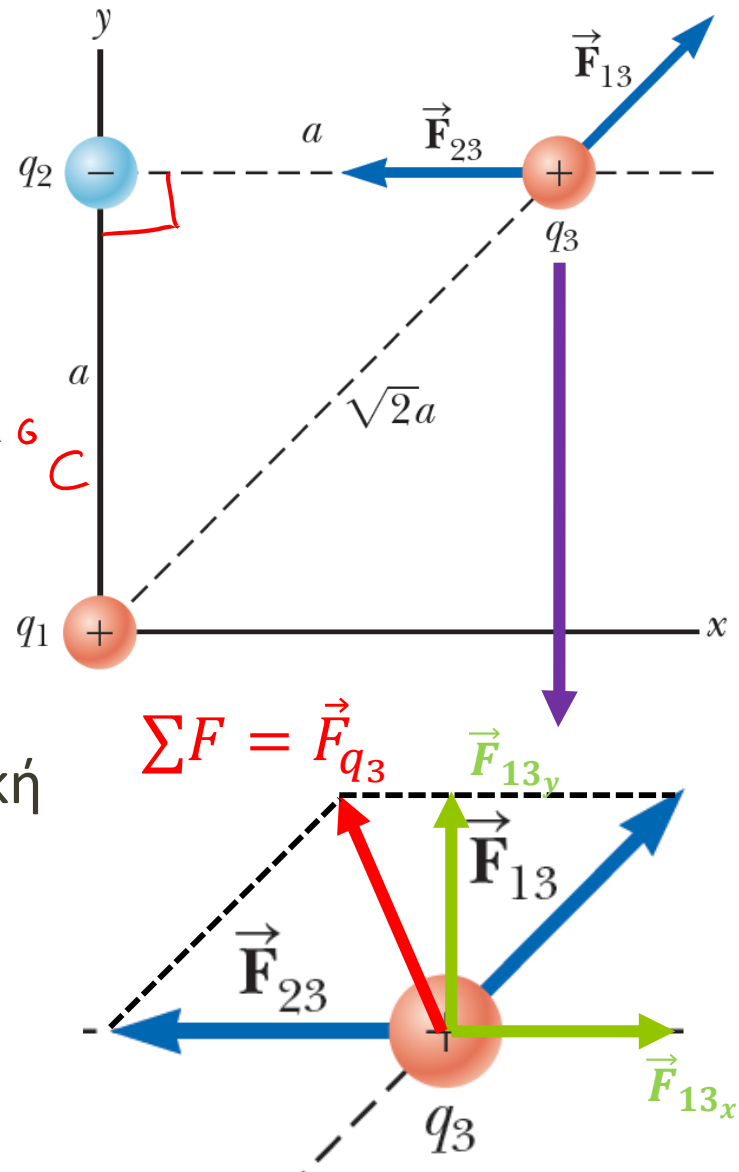
με $\vec{r}_{12}$ το μοναδιαίο διάνυσμα από το φορτίο 1 στο φορτίο 2



Ηλεκτρικά Πεδία

● Παράδειγμα:

- Τρία σημειακά φορτία βρίσκονται στις γωνίες ενός ισοσκελούς ορθογωνίου τριγώνου όπως στο σχήμα.
- Δίνεται 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 που ασκείται στο q_3 .



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 .

Ξέρουμε ότι $\vec{F}_{q_3} = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}$. Ανάλυση

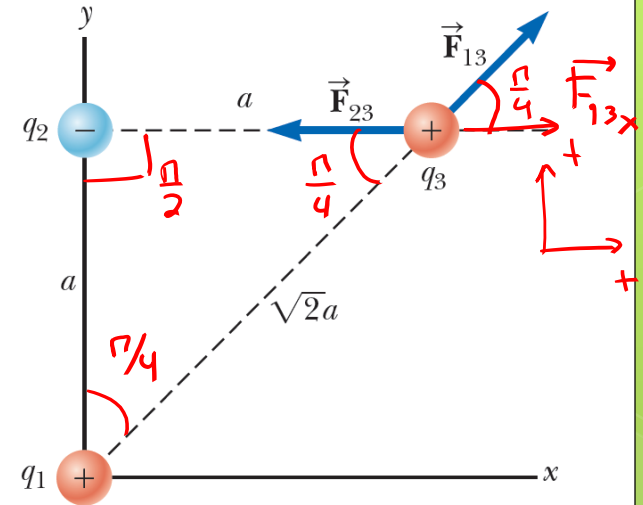
σε συνιστώσες:

$$\begin{aligned} \text{X-άξονας: } \vec{F}_{q_{3x}} &= \vec{F}_{13x} + \vec{F}_{23} \Rightarrow F_{q_{3x}} = F_{13x} - F_{23} \\ \text{y-άξονας: } \vec{F}_{q_{3y}} &= \vec{F}_{13y} \Rightarrow F_{q_{3y}} = F_{13y} \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} \text{X-άξονας: } \vec{F}_{q_{3x}} &= \vec{F}_{13x} + \vec{F}_{23} \Rightarrow F_{q_{3x}} = F_{13x} - F_{23} \\ \text{y-άξονας: } \vec{F}_{q_{3y}} &= \vec{F}_{13y} \Rightarrow F_{q_{3y}} = F_{13y} \end{aligned}} \right\} \textcircled{A}$$

$$\text{H } F_{13} = k_e \frac{|q_1||q_3|}{r^2} = k_e \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{2a^2} = \dots \approx 11.2 \text{ N}$$

$$\text{Άρα } F_{13x} = F_{13} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{4}\right) = 11.2 \frac{\sqrt{2}}{2} = 7.9 \text{ N } \textcircled{1}$$

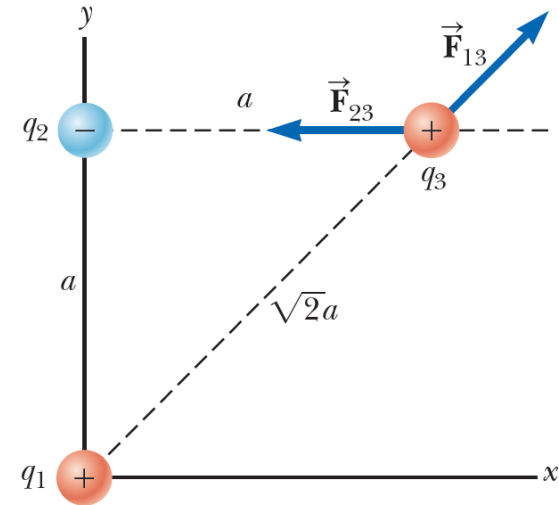
$$F_{13y} = F_{13} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) = 11.2 \frac{\sqrt{2}}{2} = 7.9 \text{ N } \textcircled{2}$$



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 .



Επίσης, η $\vec{F}_{23}$ έχει μέτρο

$$F_{23} = k_e \frac{|q_2| \cdot |q_3|}{r^2} = k_e \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{a^2} = \dots \approx 9.0 \text{ N} \quad (3)$$

Οι (Α) λόγω (1), (2), (3) δίνουν:

$$F_{q_3x} = F_{13x} - F_{23} = 7.9 - 9.0 = -1.1 \text{ N}$$

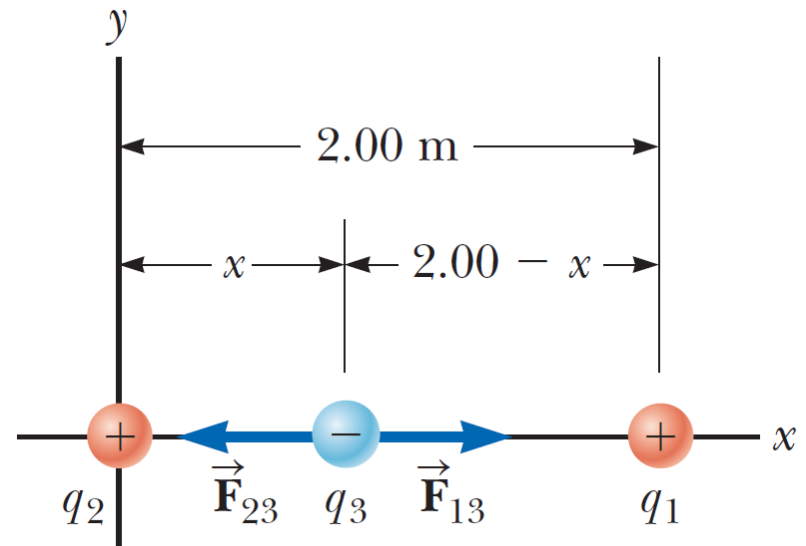
$$F_{q_3y} = F_{13y} = 7.9 \text{ N}$$

$$\text{Άρα } \sum \vec{F}_{q_3} = \vec{F}_{q_3} = -1.1 \vec{i} + 7.9 \vec{j} \text{ N}$$

Ηλεκτρικά Πεδία

- Παράδειγμα:

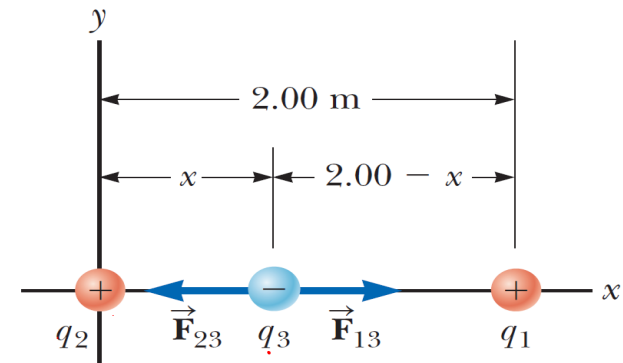
- Τρία φορτισμένα σωματίδια βρίσκονται επάνω στον x -άξονα όπως στο σχήμα. Το $q_1 = 15 \mu\text{C}$ βρίσκεται στη θέση $x = 2 \text{ m}$, το $q_2 = 6 \mu\text{C}$ βρίσκεται στην αρχή των αξόνων, και η συνισταμένη των δυνάμεων στο q_3 είναι μηδέν. Βρείτε τις συντεταγμένες του q_3 .



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 .



$$\text{Αφού το } q_3 \text{ ισορροπεί, τότε } \sum \vec{F}_{q_3} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{F}_{23} + \vec{F}_{13} = \vec{0} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -F_{23} + F_{13} = 0 \Leftrightarrow F_{13} = F_{23}$$

$$\text{Άρα } F_{13} = k_e \frac{|q_1||q_3|}{r^2} = k_e \frac{|q_1||q_3|}{(2-x)^2}$$

$$F_{23} = k_e \frac{|q_2||q_3|}{r^2} = k_e \frac{|q_2||q_3|}{x^2}$$

$$\Rightarrow \cancel{k_e} \frac{\cancel{|q_3|} |q_1|}{(2-x)^2} = \cancel{k_e} \frac{\cancel{|q_3|} |q_2|}{x^2} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{|q_1|}{(2-x)^2} = \frac{|q_2|}{x^2} \Leftrightarrow 3x^2 + 8x - 8 = 0$$

$$x_1 = 0.775 \text{ m}$$

$$x_2 = -3.44 \text{ m}$$

Το q_3 δεν ισορροπεί, ανάλει $F_{13} = F_{23}$

Ηλεκτρικά Πεδία

● Ηλεκτρικό πεδίο

- Πώς «γνωρίζει» ένα φορτισμένο σωματίδιο την παρουσία ενός άλλου φορτισμένου σωματιδίου ώστε να αναπτυχθεί δύναμη Coulomb μεταξύ τους;
 - Για να απαντήσουμε σε αυτό χρειαζόμαστε την έννοια του **πεδίου**
- Η έννοια του πεδίου αναπτύχθηκε από τον M. Faraday
- **Ηλεκτρικό πεδίο** υπάρχει σε μια περιοχή του χώρου γύρω από ένα φορτισμένο σωματίδιο...
 - ...που λέγεται **πηγή φορτίου**
- Το αντιλαμβανόμαστε όταν ένα άλλο (αρκετά μικρότερο) φορτισμένο σωματίδιο εισέρχεται στο ηλεκτρικό πεδίο και μια ηλεκτρική δύναμη ασκείται πάνω του

Ηλεκτρικά Πεδία

○ Ηλεκτρικό πεδίο

- Ορίζουμε το διάνυσμα του ηλεκτρικού πεδίου $\vec{E}$ σε ένα σημείο του χώρου ως η ηλεκτρική δύναμη που ασκείται σε ένα μικρό φορτίο q_0 , δια το φορτίο αυτό

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

- Άρα το διάνυσμα του ηλεκτρικού πεδίου έχει την **ίδια κατεύθυνση με τη δύναμη** που θα ασκούσαν σε ένα μικρό **θετικό** φορτίο q_0
- Ένα ηλεκτρικό πεδίο υπάρχει σε ένα σημείο του χώρου αν ένα φορτισμένο σωματίδιο (με μικρό φορτίο q_0) υφίσταται μια ηλεκτρική δύναμη

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

Το q_0 αποκαλείται συχνά και «δοκιμαστικό φορτίο»

Ηλεκτρικά Πεδία

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

● Ηλεκτρικό πεδίο

- Αν το q_0 είναι θετικό, η δύναμη έχει την ίδια κατεύθυνση με το διάνυσμα του ηλεκτρ. πεδίου στο σημείο του φορτίου q_0
- Αν το q_0 είναι αρνητικό, το διάνυσμα του ηλεκτρ. πεδίου στο σημείο του φορτίου q_0 και η ηλεκτρική δύναμη έχουν αντίθετες κατευθύνσεις
- Το ηλεκτρικό πεδίο $\vec{E}$ σε ένα σημείο P λόγω της παρουσίας **πηγής φορτίου** q σε απόσταση r δίνεται ως

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

- Το **μέτρο** του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο P δίνεται ως

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

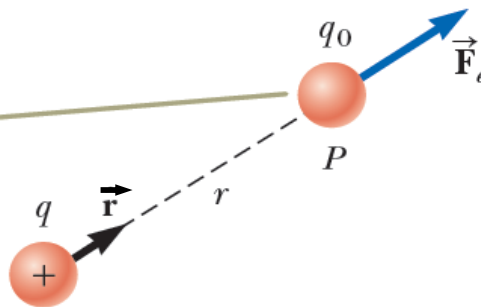
Ηλεκτρικό πεδίο αποκλειστικά εξαρτώμενο από την πηγή φορτίου q !

Ηλεκτρικά Πεδία

● Ηλεκτρικό πεδίο

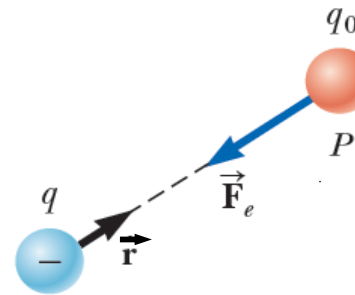
$$\vec{F}_e = q_0 \vec{E}$$

Αν το q είναι θετικό, η δύναμη επάνω στο q_0 έχει κατεύθυνση μακριά από το q .



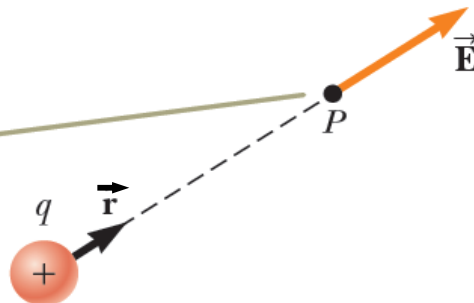
a

Αν το q είναι αρνητικό, το σωματίδιο q_0 κατευθύνεται προς το q .



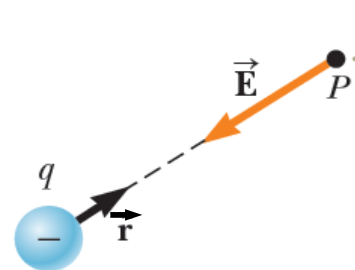
c

Αν το q είναι θετικό, το ηλεκτρικό πεδίο στο σημείο P δείχνει ακτινικά προς τα έξω από το q .



b

Αν το q είναι αρνητικό, το ηλεκτρικό πεδίο στο σημείο P δείχνει ακτινικά προς το q .



d

Θετική πηγή φορτίου $\rightarrow$ φορά πεδίου «προς τα έξω»

Αρνητική πηγή φορτίου $\rightarrow$ φορά πεδίου «προς τα μέσα»

Ηλεκτρικά Πεδία

- **Ηλεκτρικό πεδίο**

- Τι συμβαίνει αν έχουμε πολλές πηγές φορτίου q_i ;
- Ηλεκτρικό πεδίο: διανυσματικό μέγεθος

$$\vec{E}_P = k_e \sum_i \frac{q_i}{r_i^2} \vec{r}_i$$

όπου r_i η απόσταση κάθε πηγής από ένα σημείο P και $\vec{r}_i$ το μοναδιαίο διάνυσμα από την πηγή i στο σημείο P

- Προσθέτουμε διανυσματικά τις επιμέρους συνεισφορές
- Πολλές φορές, η ανάλυση σε συνιστώσες είναι πολύ βολική!

Ηλεκτρικά Πεδία

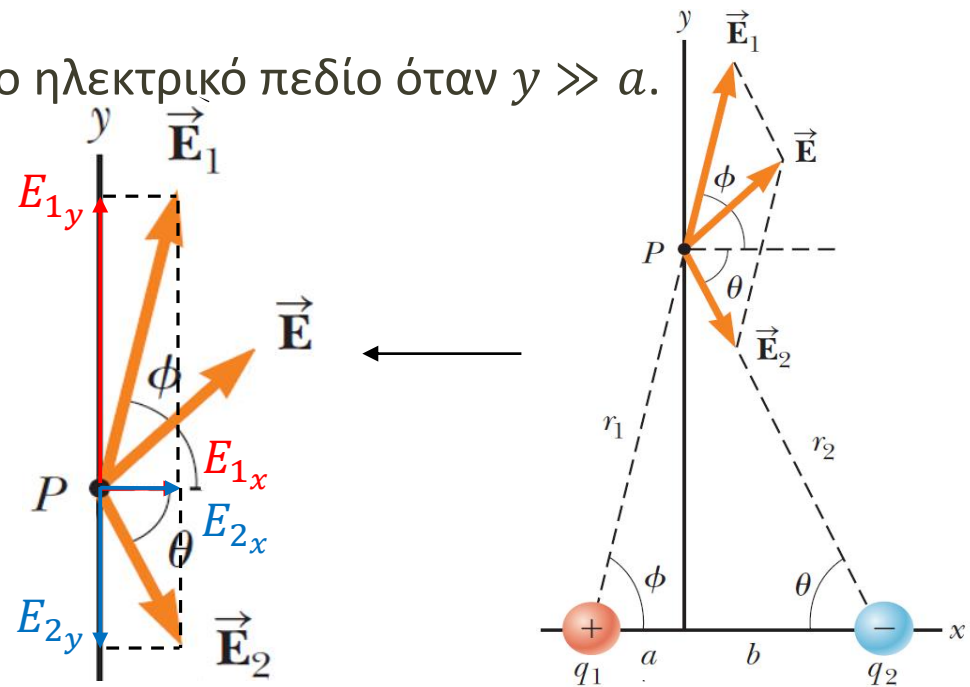
◉ Παράδειγμα:

- ◉ Φορτία q_1, q_2 βρίσκονται στον οριζόντιο άξονα, σε αποστάσεις a και b , αντίστοιχα, από την αρχή των αξόνων, όπως στο σχήμα.

A) Βρείτε τις συνιστώσες του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο P ($0, y$).

B) Βρείτε το ηλεκτρικό πεδίο στο P στην ειδική περίπτωση που $|q_1| = |q_2|$ και $a = b$.

Γ) Στο B) ερώτημα, βρείτε το ηλεκτρικό πεδίο όταν $y \gg a$.



Ηλεκτρικά Πεδία

● Παράδειγμα – Λύση:

- Α) Βρείτε τις συνιστώσες του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο $P (0, y)$.

Θα δουλέψουμε σε συνιστώσες για να βρούμε
τα $\vec{E}_x, \vec{E}_y$: $\left. \begin{aligned} \vec{E}_x &= \vec{E}_{1x} + \vec{E}_{2x} \\ \vec{E}_y &= \vec{E}_{1y} + \vec{E}_{2y} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$

$$\rightarrow E_x = E_{1x} + E_{2x}$$

$$E_y = E_{1y} - E_{2y}$$

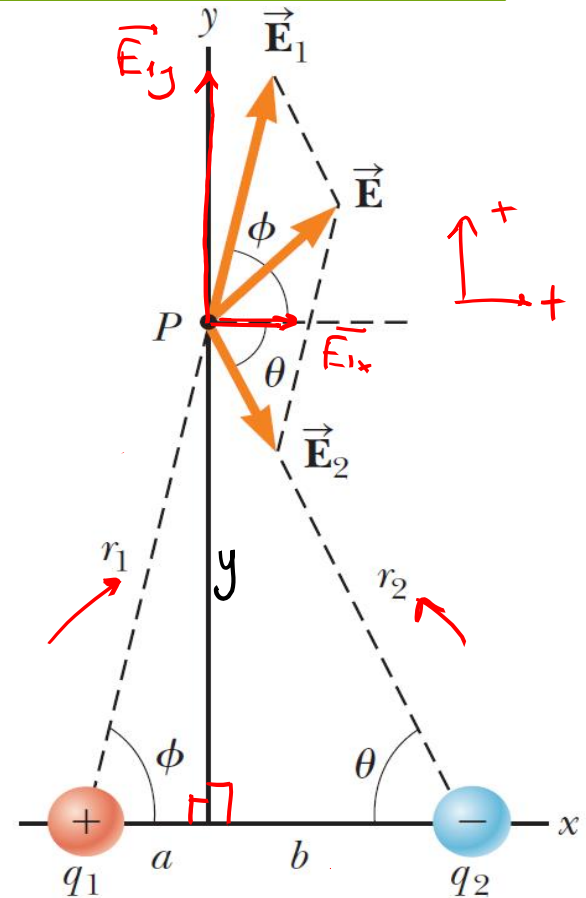
Θα είναι λοιπόν:

$$E_1 = k_e \frac{|q_1|}{r_1^2} = k_e \frac{|q_1|}{(a^2 + y^2)}$$

$$E_2 = k_e \frac{|q_2|}{r_2^2} = k_e \frac{|q_2|}{(b^2 + y^2)}$$

$$\rightarrow E_{1x} = E_1 \cos \phi = k_e \frac{|q_1|}{(a^2 + y^2)} \cos \phi$$

$$\rightarrow E_{1y} = E_1 \sin \phi = k_e \frac{|q_1|}{(a^2 + y^2)} \sin \phi$$



Ηλεκτρικά Πεδία

● Παράδειγμα – Λύση:

- Α) Βρείτε τις συνιστώσες του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο $P (0, y)$.

Όφειο για τις συνιστώσες του $\vec{E}_2$, βρούμε

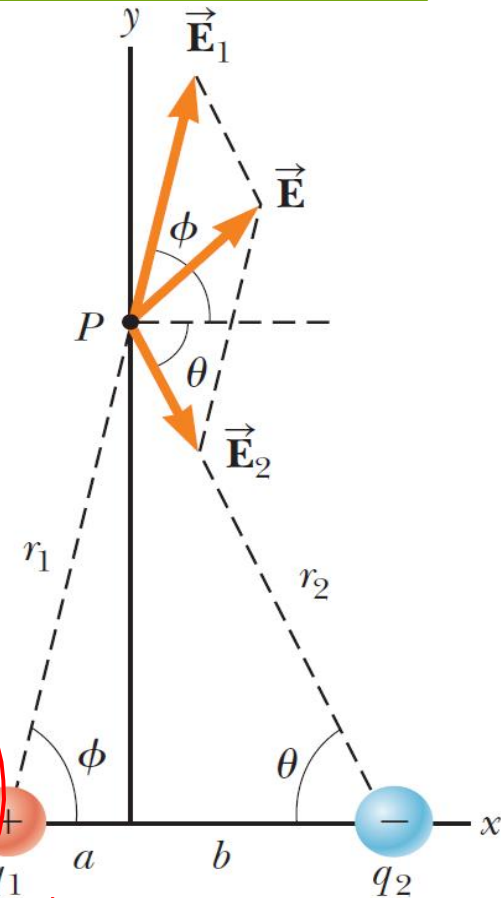
$$E_{2x} = k_e \frac{|q_2|}{(b^2 + y^2)} \cos \theta, \quad E_{2y} = k_e \frac{|q_2|}{(b^2 + y^2)} \sin \theta$$

Άρα τελικά:

$$E_{Px} = E_{1x} + E_{2x} = k_e \left(\frac{|q_1|}{a^2 + y^2} \cos \phi + \frac{|q_2|}{b^2 + y^2} \cos \theta \right)$$

$$E_{Py} = E_{2y} - E_{1y} = k_e \left(\frac{|q_1|}{a^2 + y^2} \sin \phi - \frac{|q_2|}{b^2 + y^2} \sin \theta \right)$$

$$\text{Άρα } \vec{E}_P = \vec{E}_{Px} + \vec{E}_{Py} = E_{Px} \vec{i} + E_{Py} \vec{j}$$



Ηλεκτρικά Πεδία

Παράδειγμα – Λύση:

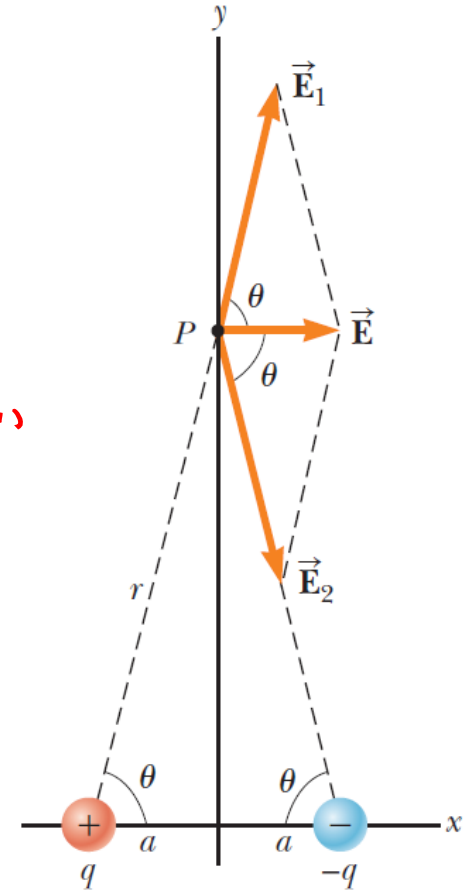
- Β) Βρείτε το ηλεκτρικό πεδίο στο σημείο P στην ειδική περίπτωση που $|q_1| = |q_2|$ και $a = b$.

Αν $|q_1| = |q_2|$ και $a = b$, τότε $\vartheta = \phi$. Οι σχέσεις που βρήκαμε γράφονται ως εξής:

$$E_{Px} = k_e \left(\frac{|q_1|}{a^2 + y^2} \cos\vartheta + \frac{|q_1|}{a^2 + y^2} \cos\vartheta \right) \\ = 2k_e \frac{|q_1|}{a^2 + y^2} \cos\vartheta.$$

$$E_{Py} = k_e \left(\frac{|q_1|}{a^2 + y^2} \sin\vartheta - \frac{|q_1|}{a^2 + y^2} \sin\vartheta \right) = 0$$

Παρατηρούμε ότι $\vec{E}_P = E_{Px} \hat{i} \Leftrightarrow \vec{E}_P = E_{Px} \cdot \vec{i}$.



Ηλεκτρικά Πεδία

Παράδειγμα – Λύση:

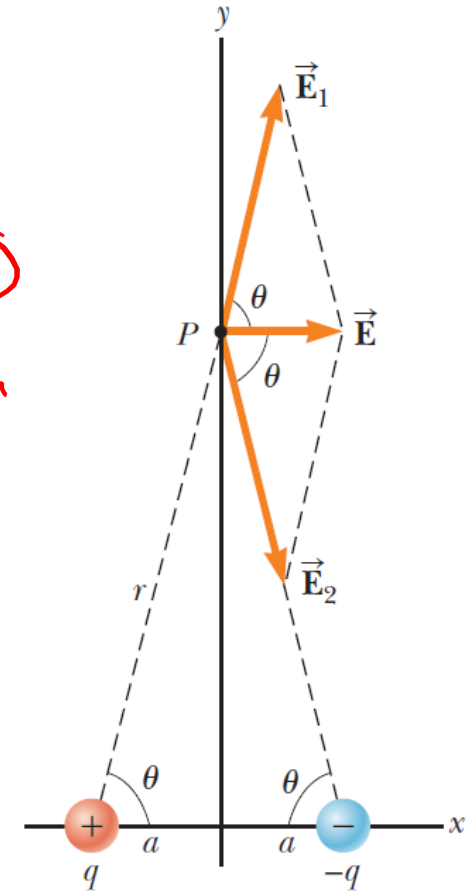
- Γ) Στο Β) ερώτημα, βρείτε το ηλεκτρικό πεδίο όταν $y \gg a$.

Λόγω $y \gg a$, το ηλ. πεδίο στο P χράζεται

$$E_P = E_{Px} = 2k_e \frac{|q_1|}{a^2 + y^2} \cos\theta \quad \left\{ \Rightarrow \right.$$
$$y \gg a \Rightarrow y^2 + a^2 \approx y^2$$

$$\Rightarrow E_P = 2k_e \frac{|q_1|}{y^2} \cos\theta$$

$$\text{Όμως } \cos\theta = \frac{a}{\sqrt{a^2 + y^2}} \quad \left\{ \Rightarrow E_P = 2k_e \frac{|q_1|a}{y^3} \right.$$
$$y \gg a \Rightarrow y^2 + a^2 \approx y^2$$





Συνεχίζεται... 😊
