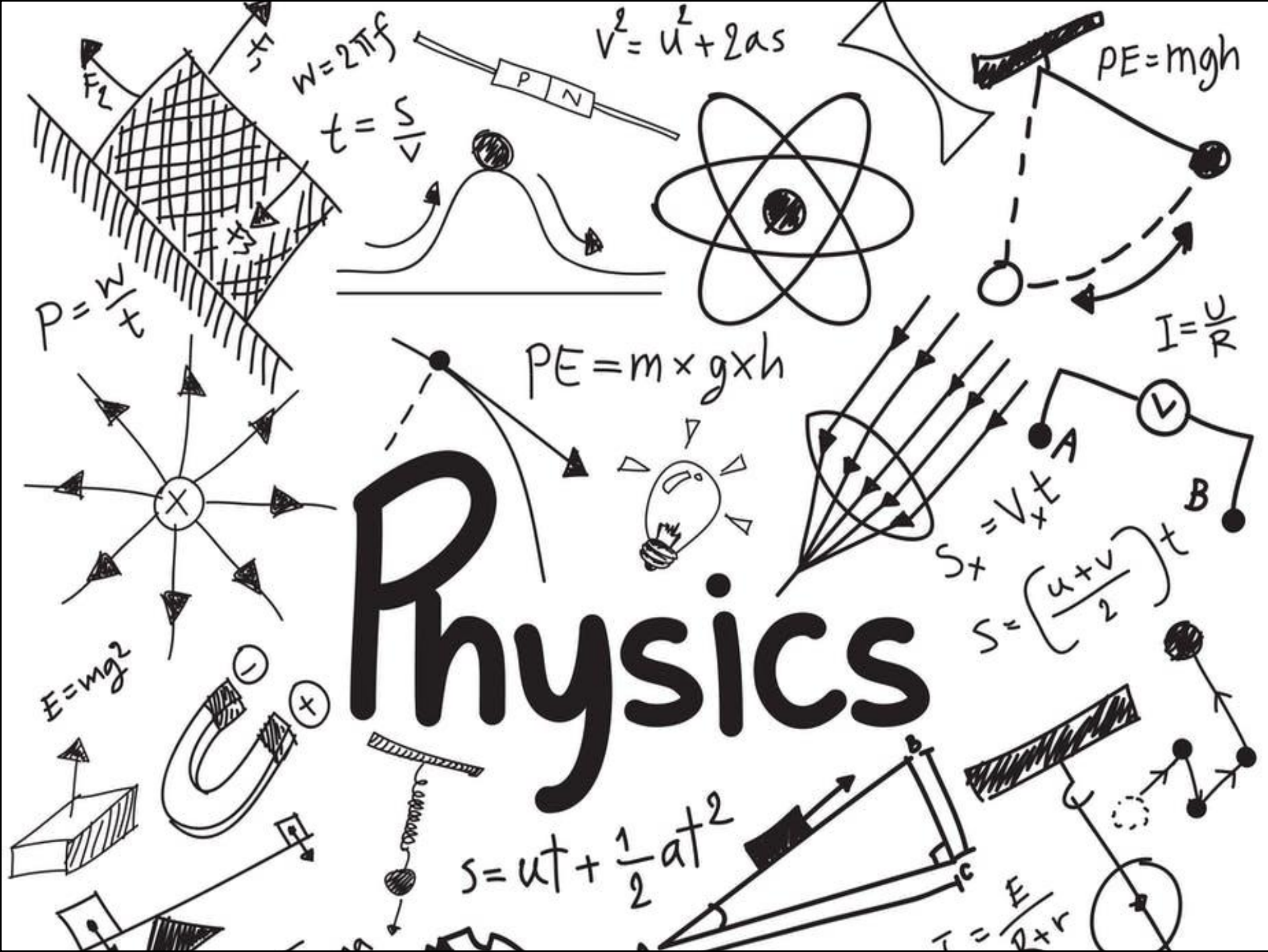


Physics



Reminder...

- ◉ Διαλέξεις
 - ◉ Προαιρετική παρουσία!
- ◉ Είστε εδώ γιατί **θέλετε** να ακούσετε/συμμετέχετε
- ◉ Δεν υπάρχουν απουσίες
- ◉ Υπάρχει σεβασμός στους συναδέλφους σας και στην εκπαιδευτική διαδικασία
- ◉ 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
Ηλεκτρική Δύναμη



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
Ηλεκτρική Δύναμη

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
Ηλεκτρική Δύναμη



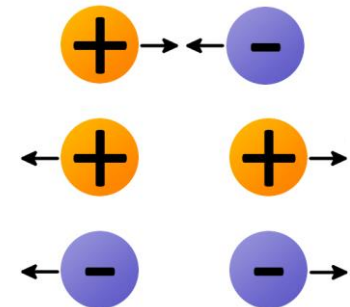
Εικόνα: Μητέρα και κόρη απολαμβάνουν την επίδραση της ηλεκτρικής φόρτισης των σωμάτων τους. Κάθε μια ξεχωριστή τρίχα των μαλλιών τους φορτίζεται και προκύπτει μια απωθητική δύναμη μεταξύ των τριχών, με αποτέλεσμα να «σηκώνονται οι τρίχες τους». © (Courtesy of Resonance Research Corporation)

Φυσική για Μηχανικούς

Ηλεκτρομαγνητισμός
Ηλεκτρική Δύναμη

Ηλεκτρική Δύναμη

- Όλοι έχετε “δει” ηλεκτρικές δυνάμεις 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



Ηλεκτρική Δύναμη

- **Αρχή Διατήρησης 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 $+e$

Ηλεκτρική Δύναμη

- 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

Ηλεκτρική Δύναμη

- **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

Ηλεκτρική Δύναμη

- **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**

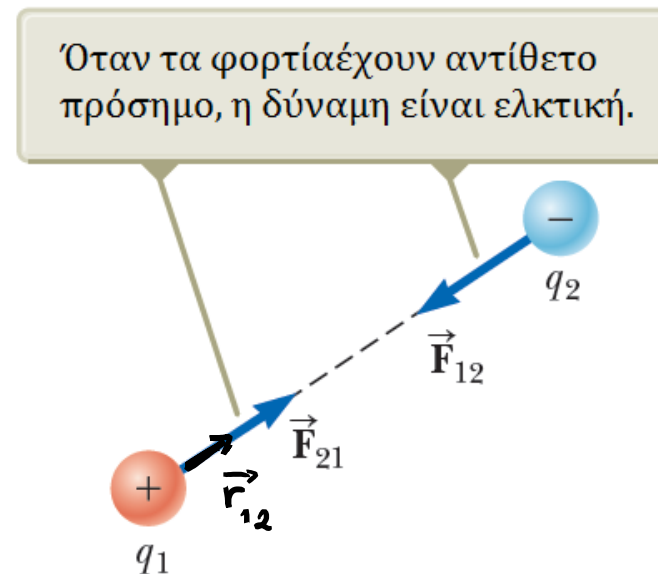
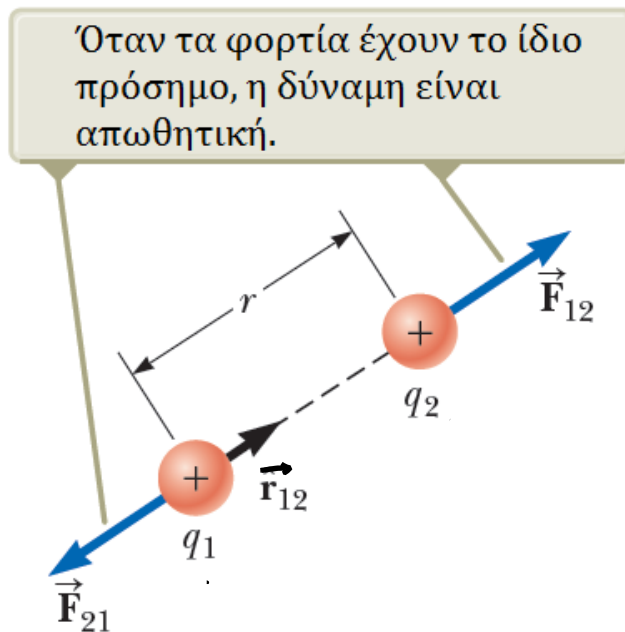
- $k_e = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$ (περίπου)
- Επίσης, γράφεται ως $k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$, όπου ϵ_0 η **διηλεκτρική σταθερά του κενού**

Ηλεκτρική Δύναμη

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



Ηλεκτρική Δύναμη

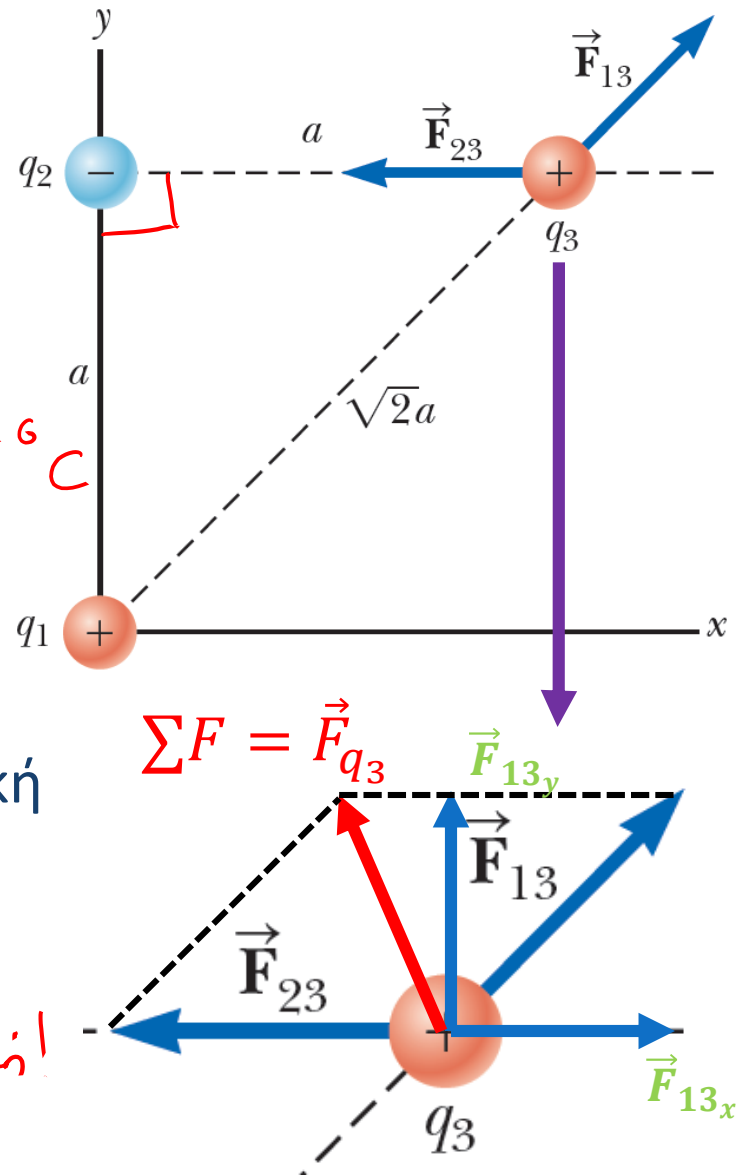
• Παράδειγμα:

- 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 .

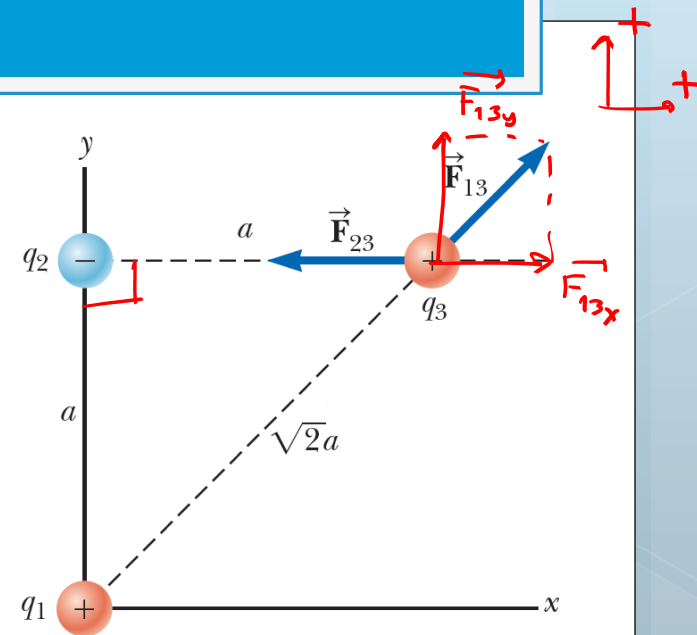
Θα δουλέψαμε κατά συνιστώσες,
ακριβώς όπως κάναμε στη Μηχανική!
Έστω $\vec{F}_3$ η συνισταμένη στο q_3 .



Ηλεκτρική Δύναμη

• 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 .



Στον x -άξονα :

$$\vec{F}_{3x} = \vec{F}_{13x} + \vec{F}_{23} \Rightarrow F_{3x} = F_{13x} - F_{23} \quad (1)$$

Στον y -άξονα :

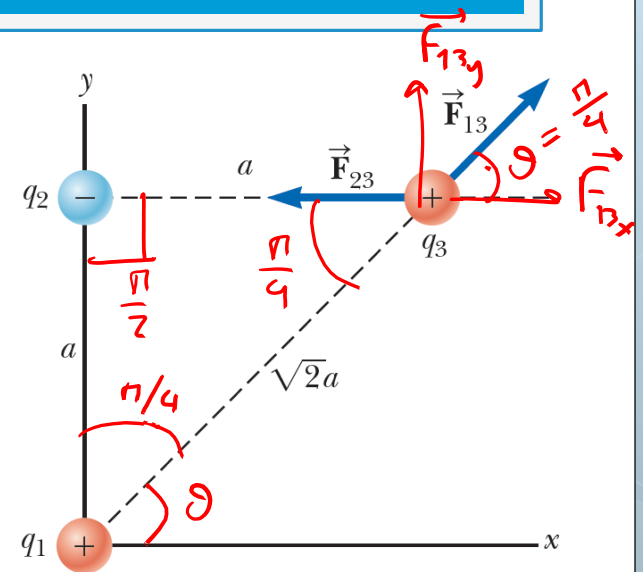
$$\vec{F}_{3y} = \vec{F}_{13y} \Rightarrow F_{3y} = F_{13y} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{Είναι } F_{13} &= k_e \frac{|q_1| |q_3|}{r^2} = k_e \frac{|q_1| |q_3|}{(\sqrt{2}a)^2} = k_e \frac{|q_1| |q_3|}{2a^2} = \\ &= 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot (0.1)^2} \simeq 11.2 \text{ N} \quad (3) \end{aligned}$$

Ηλεκτρική Δύναμη

• 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 .



$$\begin{aligned} \text{Άρα } F_{13x} &= F_{13} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{4}\right) = F_{13} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \\ F_{13y} &= F_{13} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) = F_{13} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \textcircled{3}$$

$$\textcircled{3} \Rightarrow F_{13x} = 11.2 \frac{\sqrt{2}}{2}, F_{13y} = 11.2 \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ N. } \textcircled{5} \text{ Η } \vec{F}_{23} \text{ έχει μέτρο}$$

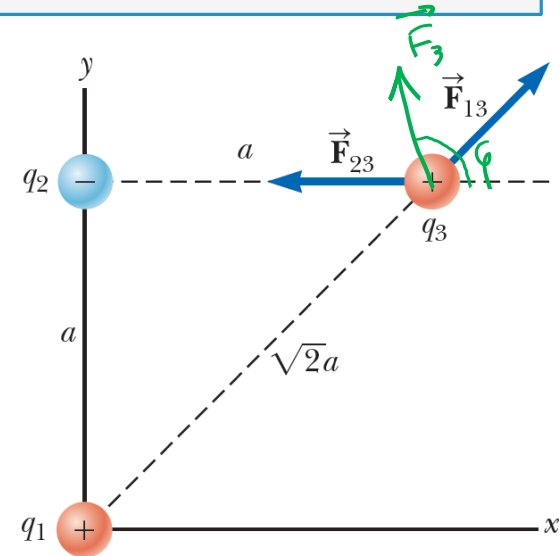
$$F_{23} = k_e \frac{|q_2| \cdot |q_3|}{r^2} = k_e \frac{|q_2| \cdot |q_3|}{a^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{(0.1)^2} \approx 90 \text{ N } \textcircled{4}$$

$$\text{Οι } \textcircled{1}, \textcircled{2} \xrightarrow[\textcircled{5}]{\textcircled{4}} F_{3x} = 11.2 \frac{\sqrt{2}}{2} - 90 \approx -11 \text{ N και}$$

Ηλεκτρική Δύναμη

• 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 .



$$F_{3y} = 11.2 \frac{\sqrt{2}}{2} \hat{=} 7.9 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \text{Άρα συνολικά } \vec{F}_3 &= \vec{F}_{3x} + \vec{F}_{3y} = F_{3x} \vec{i} + F_{3y} \vec{j} \\ &= -11.1 \vec{i} + 7.9 \vec{j} \text{ N} \end{aligned}$$

Extra:

Αν μας ζητάσε μέτρο και γωνία του $\vec{F}_3$?

$$|\vec{F}_3| = \sqrt{11.1^2 + 7.9^2} = 13.7 \text{ N} \text{ και } \varphi = \tan^{-1} \frac{7.9}{-11.1} = -35.5^\circ, \text{ που}$$

δεν έχει νόημα ως βάση της συντεταγμένης, διορθώνουμε $+n \Rightarrow \varphi = 97.9^\circ$.



Συνεχίζεται... 😊

