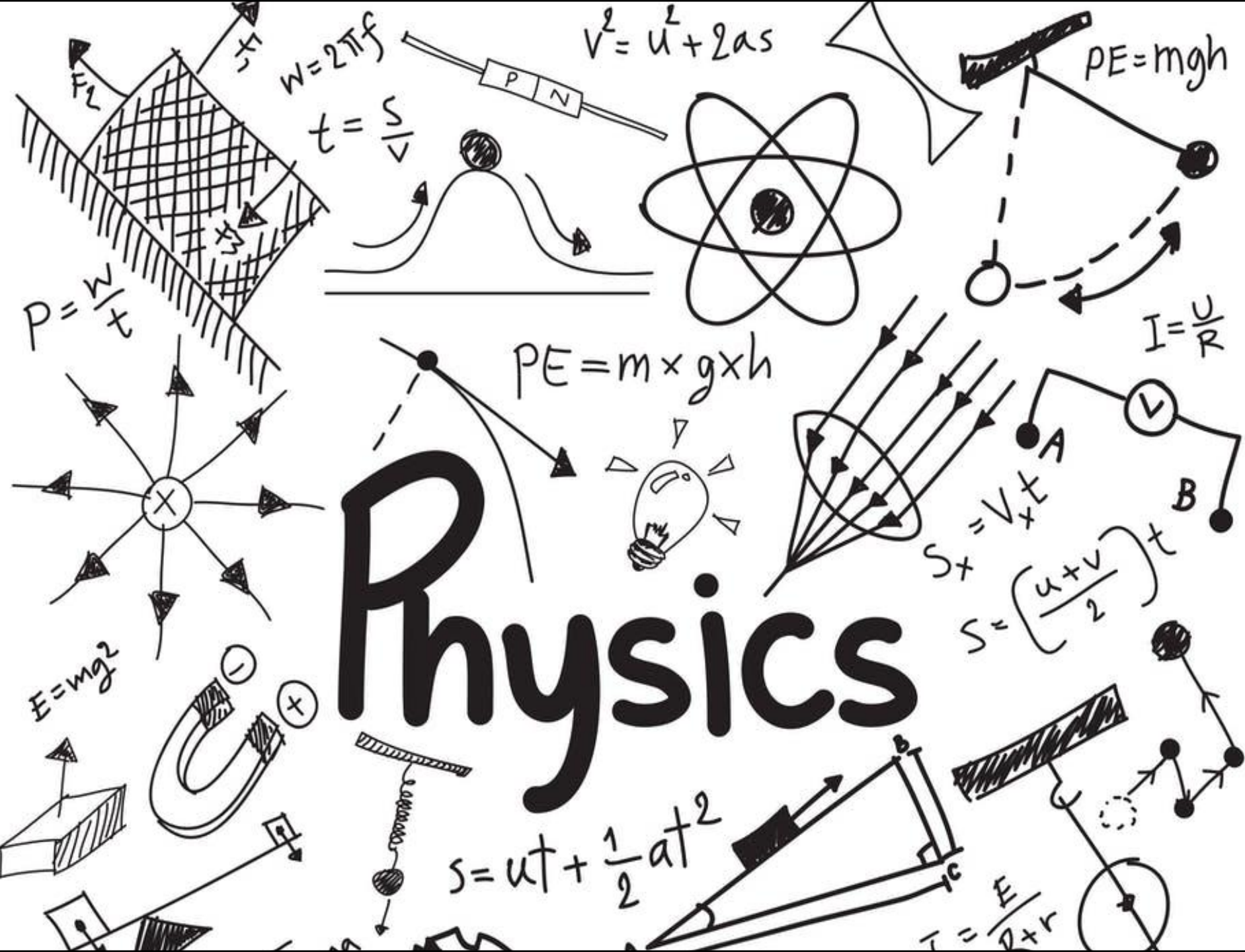


Physics



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
- Στόχος μας: να αναπτύξουμε μοντέλα κατανόησης των ηλεκτρικών φαινομένων μέσω **φορτίων και δυνάμεων**



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

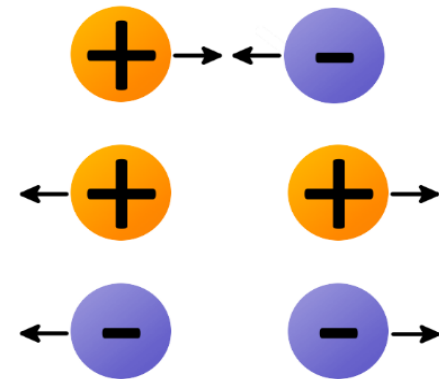


- Όλοι έχετε “δει” ηλεκτρικές δυνάμεις γύρω σας
 - **Τρίψτε** ένα μπαλόνι στα μαλλιά σας και θα δείτε ότι έλκει κομματάκια χαρτιού
- Μια τέτοια συμπεριφορά της ύλης αναφέρεται ως **ηλεκτρική φόρτιση**
 - Ηλεκτρικά φορτισμένα σωματίδια κινούνται από τα μαλλιά σας στο μπαλόνι
 - Πλησιάζοντας το στα κομμάτια χαρτί, τα φορτισμένα σωματίδια έλκουν κάποια άλλα φορτισμένα σωματίδια στο χαρτί
 - Όσο περισσότερο τρίβουμε το μπαλόνι στα μαλλιά μας, τόσο μεγαλύτερη ποσότητα φορτισμένων σωματιδίων μεταφέρεται
 - Αρχικά, το μπαλόνι και τα κομματάκια χαρτιού ονομάζονται **(ηλεκτρικά) ουδέτερα**
 - ...απλά γιατί δεν έχουν πλεόνασμα ή έλλειμα φορτίων

Ηλεκτρική Δύναμη

- 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

Ηλεκτρική Δύναμη

- **Αρχή Διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου**

- Το 1909, ο R. Milikan ανακάλυψε ότι το ηλεκτρικό φορτίο q απαντάται στη φύση σε **ακέραια** πολλαπλάσια ενός στοιχειώδους ηλεκτρικού φορτίου e :

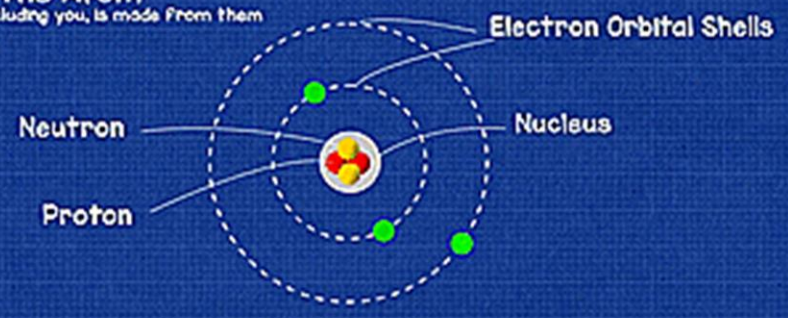
$$q = Ne, \quad N \in \mathbb{Z}$$

- Λέμε ότι το ηλεκτρικό φορτίο είναι **κβαντισμένο**
- **Ηλεκτρόνιο**: φορτίο $-e$, **Πρωτόνιο**: φορτίο $+e$

Ηλεκτρική Δύναμη

How Electricity Works

The Atom
Everything, including you, is made from them



Neutron

Proton

Electron Orbital Shells

Nucleus

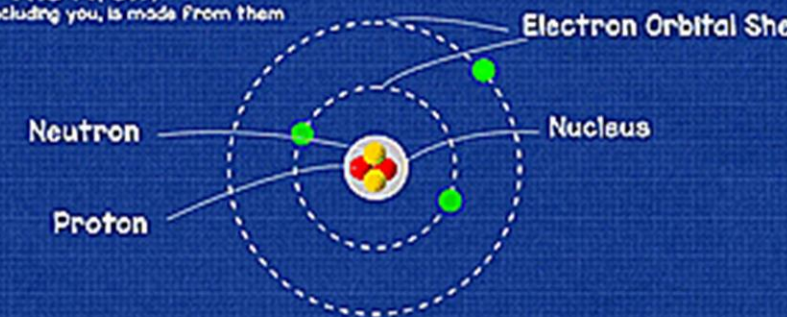
● Electrons

TheEngineeringMindset.com

Detailed description: This diagram illustrates the structure of an atom. At the center is the nucleus, composed of red spheres (protons) and yellow spheres (neutrons). Surrounding the nucleus are two concentric dashed circles representing electron orbital shells. Three green spheres (electrons) are positioned on these shells: one on the inner shell and two on the outer shell. Labels with leader lines identify the Neutron, Proton, Electron Orbital Shells, and Nucleus. A legend at the bottom left shows a green dot next to the word 'Electrons'. The website 'TheEngineeringMindset.com' is printed at the bottom.

How Electricity Works

The Atom
Everything, including you, is made from them



Neutron

Proton

Electron Orbital Shells

Nucleus

● Electrons

TheEngineeringMindset.com

Detailed description: This diagram is identical to the one above, showing the structure of an atom with a central nucleus of protons and neutrons, surrounded by electron orbital shells containing three electrons. Labels and a legend are included, along with the website 'TheEngineeringMindset.com' at the bottom.

Ηλεκτρική Δύναμη

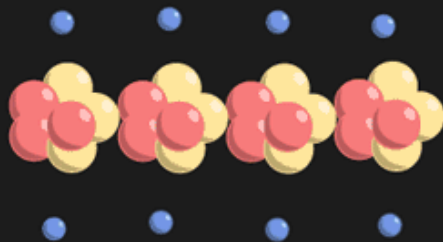
○ Κατηγοριοποίηση υλικών

- **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

○ Κατηγοριοποίηση υλικών

Electrical Conductors & Insulators



Electrical conductors are materials with electrons that freely move from atom to atom. Metals are conductors and are therefore used in electrical wires to allow a charge to flow.



Electrical insulators are materials with atoms that hold on to their electrons tightly. Plastics and rubber are insulators and are therefore used as the protective outer layer of electrical wires.

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

- Πειράματα έδειξαν ότι η ηλεκτρική δύναμη είναι **συντηρητική**

Ηλεκτρική Δύναμη

- **Ο νόμος του Coulomb**

- **Σταθερά k_e**

- $k_e = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$ (περίπου)

- Επίσης, γράφεται ως

$$k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

όπου ϵ_0 η **διηλεκτρική σταθερά του κενού**

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

- Το μικρότερο ελεύθερο φορτίο που έχει βρεθεί στη φύση είναι

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

- **C = Coulomb: μονάδα μέτρησης φορτίου**

- Μη θεμελιώδης μονάδα μέτρησης

- Εξαρτάται από άλλες μονάδες που θα δούμε στη συνέχεια

Ηλεκτρική Δύναμη

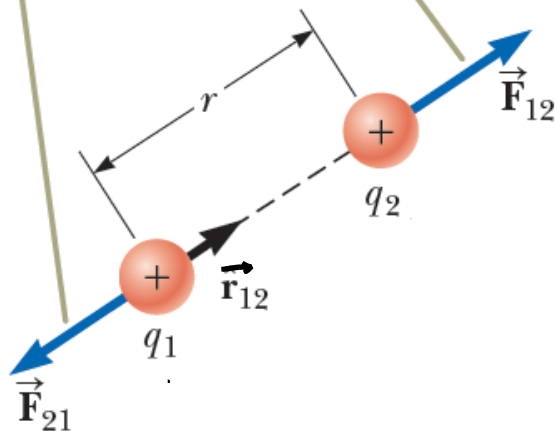
ο νόμος του Coulomb – Διανυσματική μορφή

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

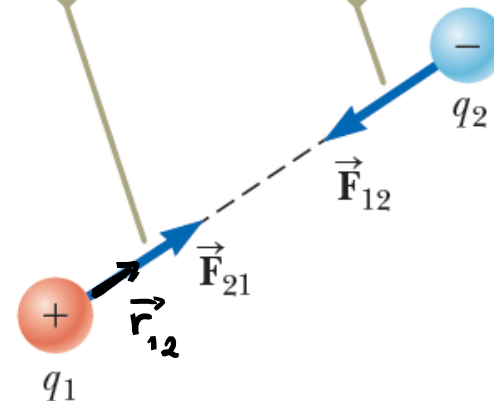
με \vec{r}_{12} το μοναδιαίο διάνυσμα από το φορτίο 1 στο φορτίο 2

Σπάνια θα χρησιμοποιούμε αυτή τη γραφή (έχουμε καλύτερες) και μόνο για να εξάγουμε θεωρητικά αποτελέσματα

Όταν τα φορτία έχουν το ίδιο πρόσημο, η δύναμη είναι απωθητική.



Όταν τα φορτία έχουν αντίθετο πρόσημο, η δύναμη είναι ελκτική.



Ηλεκτρική Δύναμη

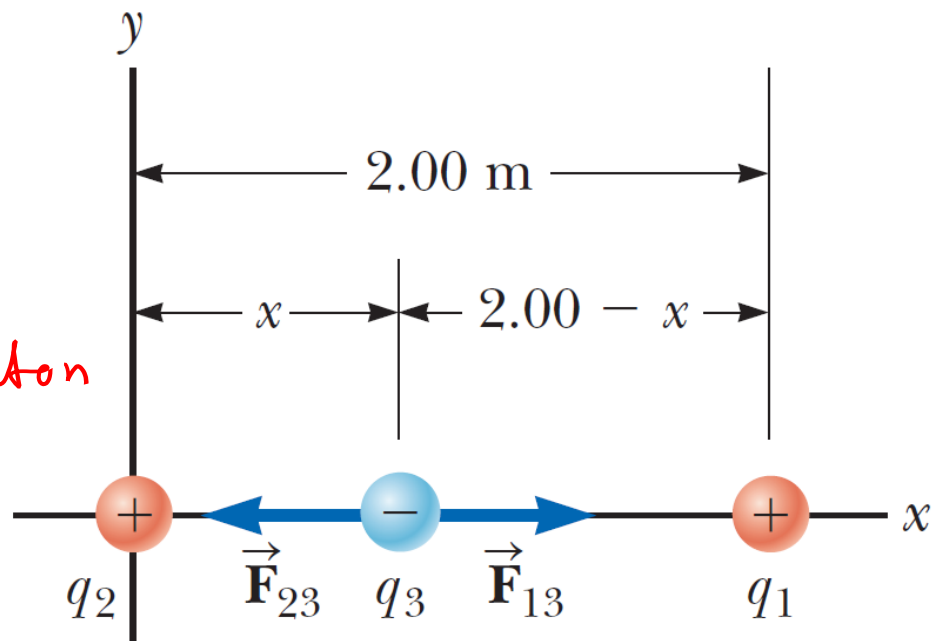
- Παράδειγμα:

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

Βρείτε τη θέση του q_3 .

Ισορροπία $\Leftrightarrow 1^{\text{ο}}$ Ν. Newton

$$\sum \vec{F}_x = \vec{0}$$



Ηλεκτρική Δύναμη

● Παράδειγμα – Λύση:

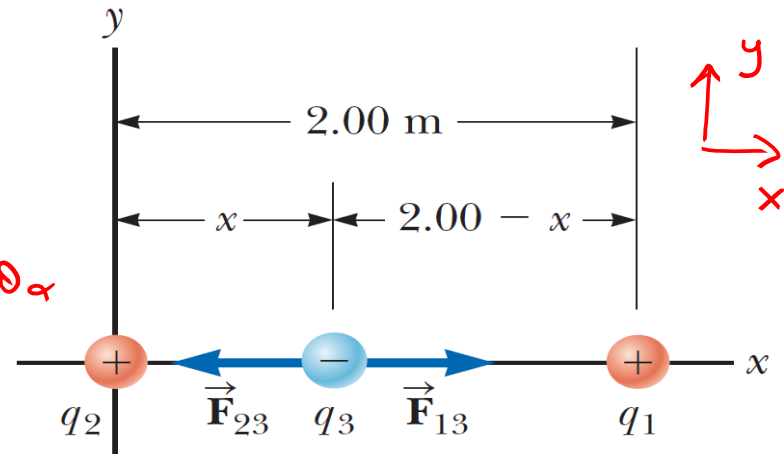
Αφαι θέλω να το q_3 να ισορροπεί, θα πρέπει στη θέση x να ισχύει ο 1ος Ν. Newton: $\sum \vec{F}_x = \vec{0}$

$$\sum \vec{F}_x = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{F}_{23} + \vec{F}_{13} = \vec{0} \Rightarrow F_{13} - F_{23} = 0 \Leftrightarrow \boxed{F_{13} = F_{23}}$$

$$\text{Άρα } k_e \frac{|q_1| \cdot |q_3|}{(2-x)^2} = k_e \frac{|q_2| \cdot |q_3|}{x^2} \Leftrightarrow \frac{|q_1|}{(2-x)^2} = \frac{|q_2|}{x^2} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{15 \cdot 10^{-6}}{(2-x)^2} = \frac{6 \cdot 10^{-6}}{x^2} \Leftrightarrow \frac{15}{(2-x)^2} = \frac{6}{x^2} \Leftrightarrow 15x^2 = 6(2-x)^2 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 3x^2 + 8x - 8 = 0 \begin{cases} \rightarrow x_1 = 0.775 \text{ m} \quad \checkmark \\ \rightarrow x_2 = -3.44 \text{ m} \quad \times \end{cases} \quad \text{Άρα } x = 0.775 \text{ m}$$



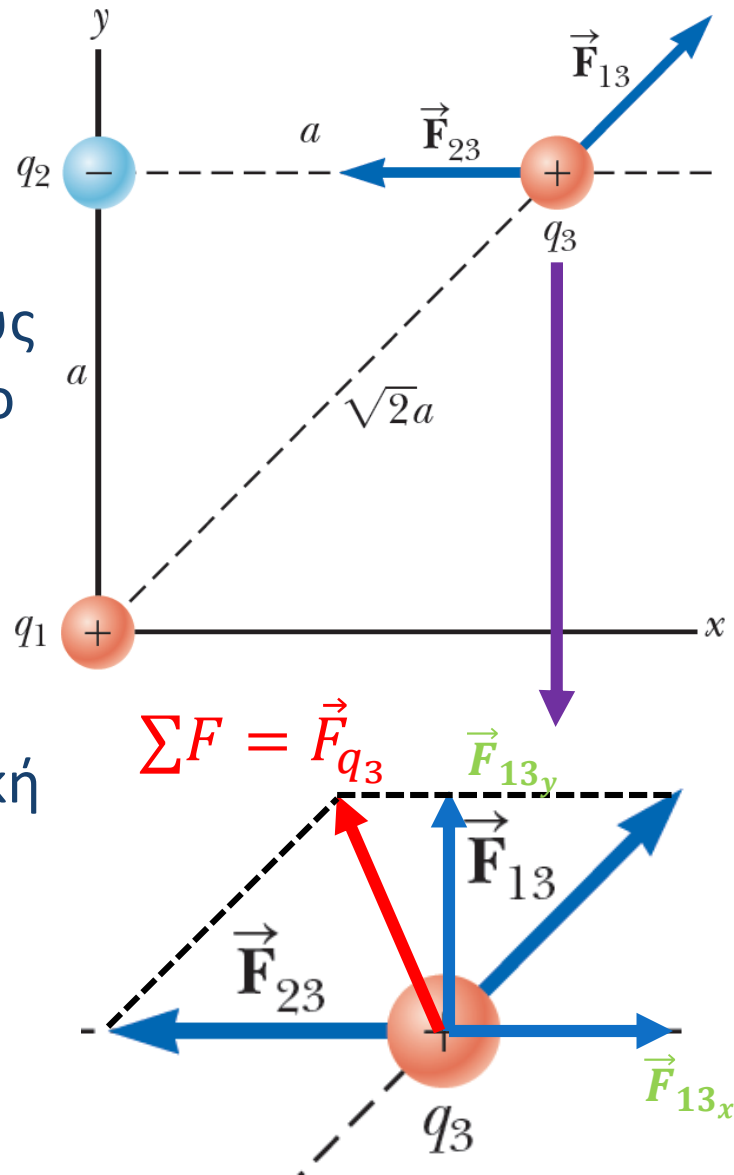
Ηλεκτρική Δύναμη

- Παράδειγμα:

- Τρια 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 $a = 0.1 \text{ m}$.

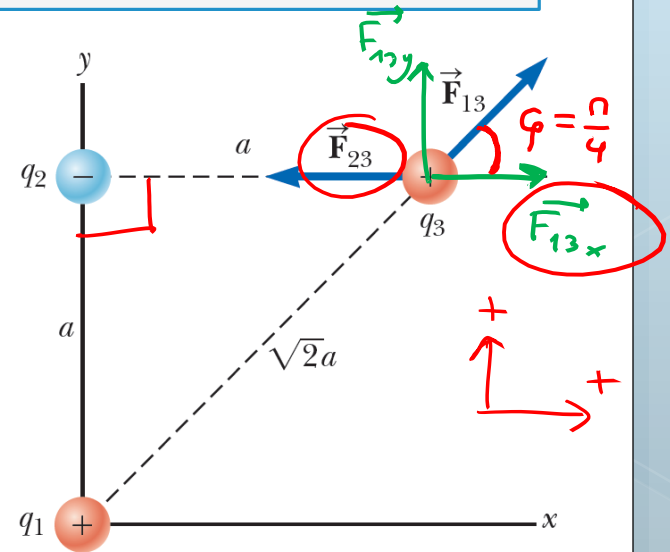
Βρείτε τη συνισταμένη ηλεκτρική δύναμη που ασκείται στο q_3 .



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 .



Έστω \vec{F}_{q_3} η συνισταμένη των ηλεκτρικών δυνάμεων που ασκούνται στο φορτίο q_3 , δηλ.

$$\vec{F}_{q_3} = \vec{F}_{q_{3x}} + \vec{F}_{q_{3y}} = F_{q_{3x}} \cdot \vec{i} + F_{q_{3y}} \cdot \vec{j} \quad \text{(A)}$$

$$\rightarrow \text{Στα άξονα } x \text{ : } \vec{F}_{q_{3x}} = \vec{F}_{13x} + \vec{F}_{23} \Rightarrow F_{q_{3x}} = F_{13x} - F_{23} \quad \text{(1)}$$

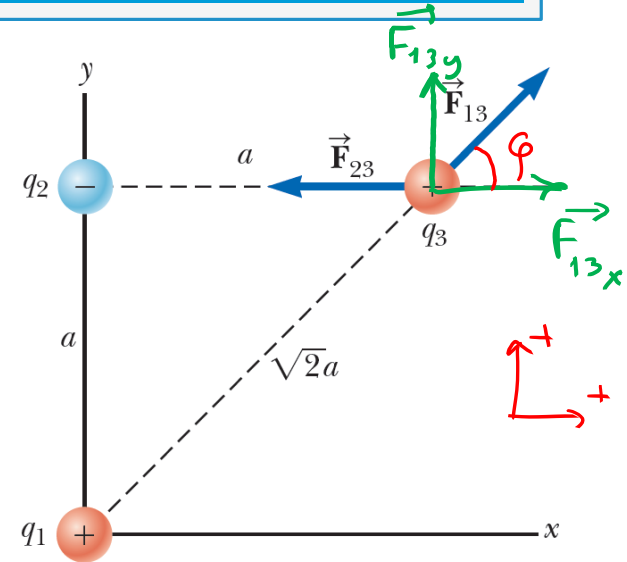
$$F_{23} = k_e \frac{|q_2| \cdot |q_3|}{a^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{(10^{-1})^2} = \dots = 9.0 \text{ N} \quad \text{(2)}$$

$$F_{13x} = F_{13} \cdot \cos \frac{\pi}{4}, \text{ λόγω γεωμετρίας του σχήματος} = F_{13} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

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 .



$$\text{Άρα } F_{13x} = k_e \frac{|q_1| \cdot |q_3|}{(\sqrt{2}a)^2} \frac{\sqrt{2}}{2} =$$

$$= 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^{-2}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \dots \approx 7.9 \text{ N} \quad (3)$$

$$\text{Η } (1) \text{ λόγω } (2), (3) \text{ δίνει } \vec{F}_{q_3x} = (7.9 - 9 \text{ N}) \vec{i} = (-1.1 \text{ N}) \vec{i} \quad (4)$$

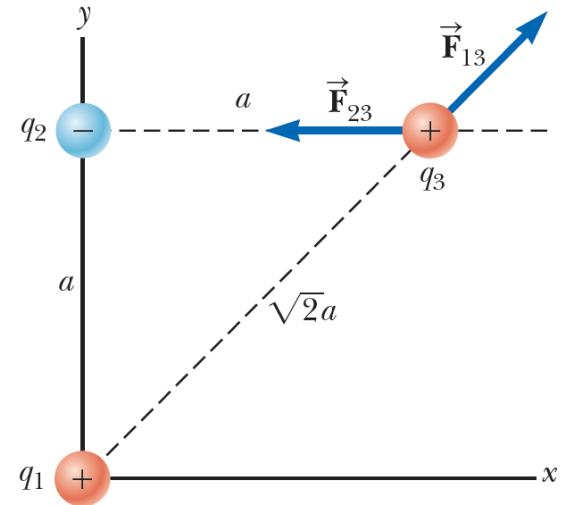
$$\rightarrow \text{Στον άξονα } y\acute{y}: \vec{F}_{q_3y} = \vec{F}_{13y} \Rightarrow F_{q_3y} = F_{13y} \quad (5)$$

$$F_{13y} = F_{13} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) = F_{13} \frac{\sqrt{2}}{2} = k_e \frac{|q_1| \cdot |q_3|}{(\sqrt{2}a)^2} \frac{\sqrt{2}}{2} =$$

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 .



$$= 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^{-2}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \dots \approx 7.9 \text{ N}$$

$$\text{Άρα } F_{q_3y} = 7.9 \text{ N} \Rightarrow \vec{F}_{q_3y} = (7.9 \text{ N}) \vec{j} \quad \textcircled{6}$$

$$\text{Η } \textcircled{A} \text{ λόγω } \textcircled{4}, \textcircled{6} \text{ δίνει } \vec{F}_{q_3} = (-1.1 \text{ N}) \cdot \vec{i} + (7.9 \text{ N}) \vec{j}$$



Τέλος Διάλεξης

