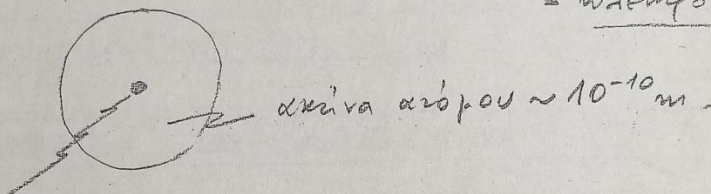


Ηλεκτρική δύναμη - ηλεκτρικό φορτίο

- ▷ Η ύλη αποτελείται από άτομα → πυρήνας
→ ηλεκτρόνια



Διάμετρος πυρήνα
~ $6 \times 10^{-15} \text{ m}$

- ▷ Άτομο ↔ "μιακό σύστημα"



Δύναμη που κρατάει τους Μαντίνες
κορδόν στον ήλιο : βαρυτική δύναμη

- ▷ Στα άτομα: η δύναμη που κρατάει τα ηλεκτρόνια
κορδόν στον πυρήνα : ηλεκτρική δύναμη

- ▷ Η ηλεκτρική δύναμη ↔ φορτία

∴ φορτία στάσιμα (ή κινούνται πολύ αργά)



ηλεκτροστατικές δυνάμεις

∴ φορτία κινούνται με ελατ. (ή σχεδόν ελατ.) ταχύτητα



μαγνητικές δυνάμεις

∴ Συνδυασμός μαγν. / μαγν. δυνάμεων

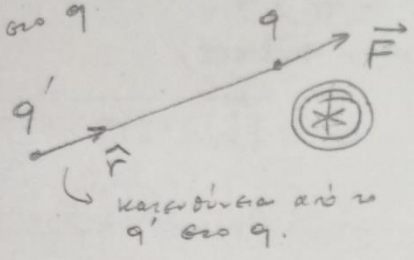


Ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις

Νόμος Coulomb

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{r}$$

Διεύθυνση του αβκελ
 το q' στο q.



κατεύθυνση από το
 q' στο q.

▷ q, q' : πολλαπλασιαστές των φορτίων ηλεκτρονίου
 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

⇒ Το μλ. φορτίο είναι κβαντισμένο
 και έχει η αρχή διατήρησης του φορτίου

▷ ϵ_0 : Συντελεστής ελασθερά.

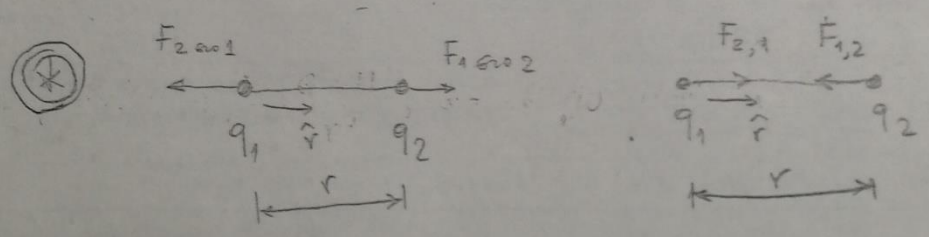
$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2} = \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9} \frac{\text{F}}{\text{m}}$$

∴ Συνδέεται με m το $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{H}}{\text{m}}$ και με $c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

$$\frac{1}{\epsilon_0 \mu_0} = \frac{36\pi \times 10^9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{4\pi \times 10^{-7} \text{ s}^2} = 9 \times 10^{16} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = c^2 \Rightarrow \boxed{c^2 = \frac{1}{\epsilon_0 \mu_0}}$$

$$\therefore \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = \left[\frac{1}{4\pi \cdot \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9}} \right] \approx 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$$

∴ Διεύθυνση Coulomb → ελκυστική: $qq' < 0 \Rightarrow \vec{F} \parallel (-\hat{r})$
 ↘ απωστική: $qq' > 0 \Rightarrow \vec{F} \parallel \hat{r}$



Στα άτομα των υδρογόνων

Σταθερά τελεξή ηλεκτρονίου / πρωτονίου $\begin{cases} \text{βαρυτική} \\ \text{ηλεκτρική} \end{cases}$

\therefore Βαρυτική:
$$F_G = G \frac{mM}{r^2}$$

$G = 6.67 \times 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$; $r = 0.53 \times 10^{-10} m$ } \Rightarrow

$M = 1.67 \times 10^{-27} kg$, $m_e = 9.11 \times 10^{-31} kg$

$F_G = 3.6 \times 10^{-47} N.$

\therefore Ηλεκτρική:
$$F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qe^2}{r^2}$$

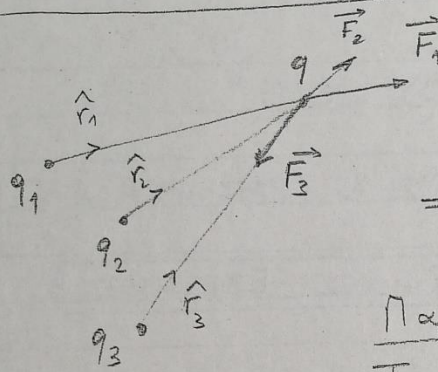
$e = 1.6 \times 10^{-19} C$; $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \approx 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ } \Rightarrow

$F_e = 8.2 \times 10^{-8} N.$

Δωλ. 39 τάξης τελέξους ιεχυρότεση από η Βαρυτική!

Επιπτώσεις κλιμακίων δυνάμεων

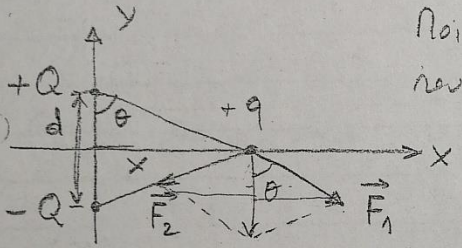
Σχόλια για το νόμο υπερθέσεως των δυνάμεων



$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots$$
$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q}{r_1^2} \hat{r}_1 + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2 q}{r_2^2} \hat{r}_2 + \dots$$

Παράδειγμα

Τα φορτία Q, -Q απέχουν d μεταξύ τους. Ποιά η κλιμ. δύναμη που ασκείται στο q που βρίσκεται σε απόσταση x από το κέντρο με εσοχή του εύρους τα Q, -Q?



$$\therefore F_1 = F_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{x^2 + (d/2)^2} \quad [\text{ίσα μέτρα}]$$

∴ Οι x-επιπτώσεις αλληλοακυρώνονται.

∴ Οι y-επιπτώσεις:

$$F_y = - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{x^2 + d^2/4} \cos\theta - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{x^2 + d^2/4} \cos\theta$$

και $\cos\theta = \frac{d/2}{(x^2 + d^2/4)^{1/2}}$ οπότε

$$F_y = - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQd}{(x^2 + d^2/4)^{3/2}}$$

∴ Αν το q πολύ μακριά από Q, -Q: $d^2 \ll x^2$ και

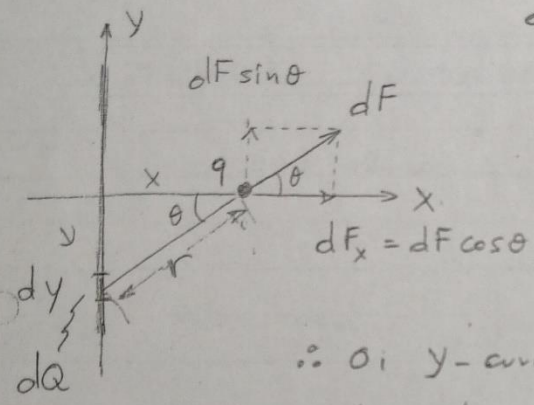
$$(x^2 + d^2/4)^{3/2} \approx x^3 \Rightarrow F \sim \frac{1}{x^3}$$

από κάθε ±Q ~ {αντίστροφο, επαγωγικό}, η επιπτώση είναι διαφορετική [η δύναμη από το ένα είναι να έλθει να έλθει στρέφεται από το άλλο]

Φορτίο είναι καταμετρημένο κατά μήκος της γραμμής.

πυκνότητα ρ .

Πόση η ισχ. δύναμη που ασκείται σε φορτίο κορδέ
εν γραμμή?



$$dF = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q dq}{r^2}$$

$$dq = \rho dy$$

$$dF = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\rho dy}{r^2}$$

\therefore οι y-ακτινίδες από στοιχεία $\pm dq$
αναιρούνται

\therefore υπάρχει μόνο x-ακτινίδα.

$$dF_x = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\rho dy}{r^2} \cos\theta \Rightarrow F_x = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\rho \cos\theta}{r^2} dy$$

Το ολοκλήρωμα από $-\infty$ ως $+\infty$ ως προς θ .

$$\therefore \text{Είαν } y = x \tan\theta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{dy}{d\theta} = \frac{x}{\cos^2\theta} \Rightarrow dy = \frac{x}{\cos^2\theta} d\theta$$

$$\therefore \text{Είαν: } x = r \cos\theta \Rightarrow r = \frac{x}{\cos\theta}$$

$$\text{Άρα: } F_x = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\rho \cos\theta}{r^2} dy = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \rho \int \frac{\cos\theta}{\left(\frac{x}{\cos\theta}\right)^2} \cdot \frac{x}{\cos^2\theta} d\theta$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\rho}{x} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \cos\theta d\theta \Rightarrow \boxed{F_x = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\rho}{x}}$$