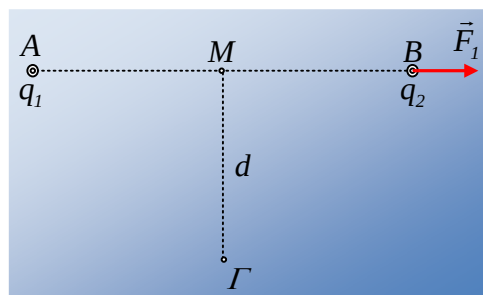


Η δύναμη και η ένταση στο ηλεκτρικό πεδίο.

Σε ένα σημείο A βρίσκεται ακλόνητο ένα σημειακό ηλεκτρικό φορτίο q_1 . Σε άλλο σημείο B, σε απόσταση $(AB)=r=3\text{cm}$, φέρνουμε ένα δεύτερο ηλεκτρικό φορτίο $q_2=+2\mu\text{C}$, το οποίο για να συγκρατηθεί ακίνητο, πρέπει να του ασκήσουμε μια δύναμη μέτρου $F_1=40\text{N}$, όπως στο σχήμα.

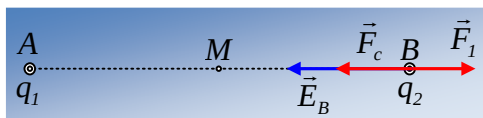


- i) Να υπολογίσετε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο B και να την σχεδιάσετε στο σχήμα.
- ii) Να βρεθεί η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου (μέτρο και κατεύθυνση), που οφείλεται και στα δύο φορτία, στο μέσον M της AB.
- iii) Να υπολογίσετε τη δύναμη που θα δεχτεί ένα σωματίδιο μάζας $0,4\text{g}$ που φέρει ηλεκτρικό φορτίο $q=-0,1\mu\text{C}$, όταν το τοποθετήσουμε στο σημείο M.
- iv) Μεταφέρουμε το σωματίδιο κατά μήκος της μεσοκαθέτου της AB, φέρνοντάς το στο σημείο Γ σε απόσταση $(MG)=d=1,5\text{cm}$. Αφού βρείτε πρώτα την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο Γ, να υπολογίσετε την επιτάχυνση που θα αποκτήσει το σωματίδιο, αν αφεθεί ελεύθερο στο σημείο Γ.

Δίνεται $K_c=9\cdot 10^9\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$.

Απάντηση:

- i) Αφού το ηλεκτρικό φορτίο (στην πραγματικότητα το σώμα που φέρει φορτίο q_2) ισορροπεί στο σημείο B, $\Sigma \vec{F}=0$, συνεπώς η δύναμη που δέχεται από το ηλεκτρικό πεδίο



του φορτίου q_1 , θα έχει φορά προς τα αριστερά και μέτρο $F_c=40\text{N}$, όπως στο διπλανό σχήμα. Αλλά αφού το υπόθεμα $q_2 > 0$, τότε και η ένταση έχει την ίδια κατεύθυνση με τη δύναμη, δηλαδή προς τα αριστερά και μέτρο:

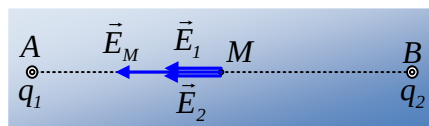
$$E_B = \frac{F_c}{q_2} = \frac{40\text{N}}{2\cdot 10^{-6}\text{C}} = 2\cdot 10^7\text{N/C}$$

- ii) Το μέτρο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο B που οφείλεται στο φορτίο q_1 δίνεται από την εξίσωση:

$$E = k \frac{|q_1|}{r^2} \rightarrow |q_1| = \frac{E \cdot r^2}{k} = \frac{2\cdot 10^7 \cdot (3\cdot 10^{-2})^2}{9\cdot 10^9}\text{C} = 2\cdot 10^{-6}\text{C}$$

Αλλά αφού με βάση το προηγούμενο ερώτημα, η δύναμη μεταξύ των δύο φορτίων είναι ελκτική, τότε $q_1=-2\mu\text{C}$.

Στο μέσον M του τμήματος AB η ένταση του (σύνθετου) ηλεκτρικού πεδίου, θα μπορούσε να υπολογιστεί ως το διανυσματικό άθροισμα των εντάσεων που οφείλεται και στα δύο φορτία.



Στο παραπάνω σχήμα έχουμε σχεδιάσει τις επιμέρους εντάσεις, τα μέτρα των οποίων είναι ίσα:

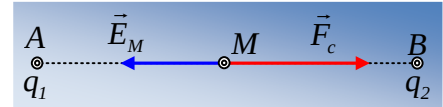
$$E_1 = E_2 = k \frac{|q_1|}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{2 \cdot 10^{-6}}{(1,5 \cdot 10^{-2})^2} \text{ N/C} = 8 \cdot 10^7 \text{ N/C}$$

$$\text{Οπότε } \vec{E}_M = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \rightarrow$$

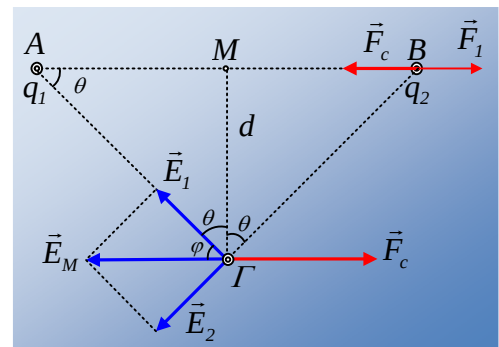
$$E_M = E_1 + E_2 = 16 \cdot 10^7 \text{ N/C.}$$

- iii) Όταν φέρουμε το σωματίδιο στο M, θα δεχτεί δύναμη αντίθετης κατεύθυνσης από την ένταση, αφού το φορτίο που φέρει είναι αρνητικό, με μέτρο:

$$F = |q| \cdot E_M = 0,1 \cdot 10^{-6} \cdot 16 \cdot 10^7 \text{ N} = 16 \text{ N}$$



- iv) Στο διπλανό σχήμα έχουν σχεδιαστεί οι επιμέρους συνιστώσες της έντασης του πεδίου που οφείλεται στα φορτία q_1 και q_2 , η συνολική ένταση, καθώς και η δύναμη που ασκείται στο σωματίδιο. Όμως το τρίγωνο AMΓ είναι ορθογώνιο και ισοσκελές ((AM)=(MΓ)=1,5cm), συνεπώς $\theta=45^\circ$, όπως το ίδιο συμβαίνει και στο τρίγωνο BMΓ. Αλλά τότε το παραλληλόγραμμο που σχηματίζουμε κατά την σύνθεση των εντάσεων E_1 και E_2 είναι ορθογώνιο και επειδή



$$E_1 = E_2 = k \frac{|q_1|}{(AG)^2}$$

Συμπεραίνουμε ότι δεν είναι απλά ένα τυχαίο ορθογώνιο, αλλά τετράγωνο. Συνεπώς η E_M είναι και διχοτόμος ή αλλιώς $\phi=45^\circ=\theta$, πράγμα που σημαίνει ότι είναι παράλληλη προς την AB, ενώ έχει μέτρο:

$$E_M = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = E_1 \sqrt{2}$$

Λαμβάνοντας εξάλλου υπόψη το πυθαγόρειο θεώρημα παίρνουμε:

$$(AG)^2 = (AM)^2 + (MG)^2 = 2(AM)^2 \text{ οπότε:}$$

$$E_M = k \frac{|q_1|}{(AG)^2} \sqrt{2} \text{ N/C} = 9 \cdot 10^9 \frac{2 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot (1,5 \cdot 10^{-2})^2} \text{ N/C} = 4 \cdot 10^7 \text{ N/C}$$

Συνεπώς το σωματίδιο θα δεχτεί δύναμη αντίθετης φοράς και μέτρο:

$$F = |q| \cdot E_M = 0,1 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 10^7 \text{ N} = 4 \text{ N}$$

Εφαρμόζοντας τώρα το 2^ο νόμο του Νεύτωνα θα πάρουμε:

$$F=m\cdot a \rightarrow a = \frac{F_{c/r}}{m} = \frac{4}{0,4 \cdot 10^{-3}} m/s^2 = 10.000 m/s^2$$

Με την ίδια κατεύθυνση με την ασκούμενη δύναμη.

dmargaris@sch.gr