

ΛΥΚΕΙΟ ΛΙΝΟΠΕΤΡΑΣΦΥΣΙΚΗ Β' ΛΥΚΕΙΟΥ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΣΤΑΤΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ8.1 Ηλεκτρικό Φορτίο.

Με τον όρο **ηλεκτρικό φορτίο** εννοούμε μια ιδιότητα ορισμένων υποατομικών σωματιδίων, η οποία καθορίζει τις μεταξύ τους ηλεκτρομαγνητικές αλληλεπιδράσεις. Ένα υλικό σώμα που έχει ηλεκτρικό φορτίο, επηρεάζεται και δημιουργεί ηλεκτρομαγνητικό πεδίο.

Το φορτίο είναι μια ιδιότητα που φέρουν τα σωματίδια ηλεκτρόνιο και πρωτόνιο και λόγω αυτής της ιδιότητας, τα δύο σωματίδια αλληλεπιδρούν μεταξύ τους ασκώντας το ένα στο άλλο ελκτική δύναμη. Μεταξύ δύο πρωτονίων ή δύο ηλεκτρονίων ασκείται απωστική δύναμη. Το φορτίο του πρωτονίου και το φορτίο του ηλεκτρονίου είναι ίσο σε ποσότητα αλλά το ένα είναι αντίθετο του άλλου. Δόθηκε θετικό πρόσημο για το φορτίο του πρωτονίου και αρνητικό πρόσημο για το φορτίο του ηλεκτρονίου.

Οι πρώτες αναφορές σε φαινόμενα που σχετίζονται με το ηλεκτρικό φορτίο καταγράφονται από τον Θαλή το Μιλήσιο, ο οποίος διαπιστώνει ότι ορισμένα υλικά, όπως για παράδειγμα το ήλεκτρο ή κεχριμπάρι (αν το τρίψουμε με ξηρό ύφασμα) ή το γυαλί (αν το τρίψουμε με μετάξι), έχουν τη ιδιότητα να συγκρατούν ελαφριά αντικείμενα, όπως τρίχες. Στην αρχαία Ελλάδα επίσης, ήταν γνωστό ότι η ιδιαίτερα έντονη τριβή ενός υλικού μπορούσε να προκαλέσει σπινθήρα.

Μέχρι τις μέρες μας, διάφορα πειράματα έχουν δείξει ότι υπάρχουν δύο είδη ηλεκτρικού φορτίου, τα οποία ονομάστηκαν αρνητικό και θετικό (Η επιλογή έγινε από τον Βενιαμίν Φραγκλίνο αυθαίρετα, με την έννοια δηλαδή ότι θα μπορούσαν να είχαν ονομαστεί και ανάποδα - «θετικό» το «αρνητικό» και «αρνητικό» το «θετικό»).

Το ηλεκτρικό φορτίο είναι μία ποσότητα που διατηρείται, δηλαδή σε οποιαδήποτε αλληλεπίδραση ο ολικός αριθμός των φορτίων πριν και μετά από αυτήν, διατηρείται σταθερός.

Το ηλεκτρικό φορτίο είναι μία ποσότητα που είναι κβαντισμένη. Δηλαδή υπάρχει μόνο σε διακριτές οντότητες, ακέραια πολλαπλάσια του θεμελιώδους φορτίου του ηλεκτρονίου (e^-) για το αρνητικό φορτίο και του πρωτονίου για το θετικό.

Όταν λέμε ότι ένα σώμα είναι αρνητικά φορτισμένο εννοούμε ότι ο αριθμός των ηλεκτρονίων σε αυτό είναι μεγαλύτερος από τον αριθμό των πρωτονίων. Αντίστοιχα, σε ένα θετικά φορτισμένο σώμα ο αριθμός των ηλεκτρονίων του είναι μικρότερος από τον αριθμό των πρωτονίων. Τέλος, όταν λέμε ότι το σώμα είναι ουδέτερο φορτισμένο, εννοούμε ότι ο αριθμός των πρωτονίων είναι ίσος με τον αριθμό των ηλεκτρονίων.

Μονάδα μέτρησης του ηλεκτρικού φορτίου στο S.I. είναι το Κουλόμπ προς τιμή του Γάλλου φυσικού Τσαρλς Κουλόμπ για το σημαντικό έργο του στον τομέα του

ηλεκτρισμού. Το ηλεκτρικό φορτίο του πρωτονίου είναι κατά απόλυτη τιμή ίσο με το αντίστοιχο του ηλεκτρονίου και ισούται με $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

Κατά την περιγραφή της κατανομής του φορτίου σε μακροσκοπικά σώματα, η διακριτή φύση του φορτίου μπορεί να αγνοηθεί και είναι συνήθως αρκετό να θεωρήσουμε το φορτίο ως ένα συνεχές ρευστό με πυκνότητα φορτίου ($\frac{C}{m^3}$) που μεταβάλλεται λίγο ή

πολύ ομαλά συναρτήσει της θέσης.

Σε ένα κρυσταλλικό στερεό, όπου ανεξάρτητα άτομα ενώνονται σε μια συμμετρική δομή, τα εξωτερικά ηλεκτρόνια των ατόμων δεν παραμένουν μοιρασμένα στα άτομα αλλά μπορούν να κινηθούν ελεύθερα σε όλο τον όγκο του στερεού. Έτσι, οι φορείς του φορτίου στα μέταλλα είναι αυτά τα ελεύθερα ηλεκτρόνια, τα οποία ονομάζονται και ηλεκτρόνια σθένους.

Τα θετικά φορτία δεν μπορούν να κινηθούν ελεύθερα, όπως συμβαίνει στο γυαλί και σε άλλους μονωτές. Σε ορισμένους αγωγούς, όμως, όπως οι ηλεκτρολύτες (οξέα, βάσεις, άλατα), μπορούν να κινηθούν τόσο τα θετικά όσο και τα αρνητικά φορτία, επειδή η διαλυμένη ουσία μέσα σε αυτούς βρίσκεται σε μορφή ιόντος (όπως για παράδειγμα σε διάλυμα χλωριούχου νατρίου (άλας), έχουμε κατιόντα νατρίου και ανιόντα χλωρίου).

Το φυσικό μέγεθος που εκφράζει την ευκολία με την οποία ένα υλικό επιτρέπει στα ηλεκτρικά φορτία να κινούνται στο εσωτερικό του, ονομάζεται ηλεκτρική αγωγιμότητα. Ανάλογα λοιπόν με την τιμή της ηλεκτρικής του αγωγιμότητας, ένα υλικό χαρακτηρίζεται ως αγωγός, μονωτής ή ημιαγωγός.

8.2 Αγωγός

Αγωγός είναι κάθε υλικό το οποίο αφήνει τα ηλεκτρικά φορτία να περνούν ελεύθερα από μέσα του. Μερικοί αγωγοί του ηλεκτρισμού είναι τα μέταλλα, το ανθρώπινο σώμα και η γη.

8.3 Μονωτής (ή διηλεκτρικό)

Μονωτής είναι κάθε υλικό το οποίο δεν επιτρέπει την ελεύθερη διέλευση του ηλεκτρικού φορτίου από το σώμα του. Τέλειοι μονωτές που να απαγορεύουν εντελώς τη διέλευση του ηλεκτρικού φορτίου από μέσα τους δεν υπάρχουν, αλλά μερικά υλικά τις περισσότερες φορές συμπεριφέρονται σαν τέλειοι μονωτές. Μερικοί μονωτές είναι τα πλαστικά, το γυαλί και ο εβονίτης.

8.4 Ημιαγωγός

Ημιαγωγός είναι κάθε υλικό που επιτρέπει να περνά το ηλεκτρικό φορτίο από μέσα του με κάποιες προϋποθέσεις, όπως αύξηση της θερμοκρασίας ή πρόσπτωση φωτός. Τέτοια υλικά είναι το γερμάνιο και το πυρίτιο.

8.5 Νόμος του Coulomb

Μεταξύ φορτισμένων σωματιδίων, αναπτύσσονται ηλεκτρικές δυνάμεις που προκαλούνται από αυτά και ονομάζονται ηλεκτροστατικές. Η ηλεκτροστατική δύναμη μεταξύ φορτίων με το ίδιο πρόσημο είναι απωστική, ενώ μεταξύ φορτίων με αντίθετο πρόσημο είναι ελκτική.

Το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης, την οποία ένα σωματίδιο q_1 ασκεί σε ένα άλλο q_2 , είναι ευθέως ανάλογο προς το γινόμενο των φορτίων τους, και αντιστρόφως ανάλογο προς το τετράγωνο της μεταξύ τους απόστασης r .

Η μαθηματική διατύπωση του νόμου του Κουλόμπ είναι η εξής:

$$F = K \frac{|q_1||q_2|}{r^2}.$$

Η διεύθυνση της δύναμης είναι κατά μήκος της ευθείας που ενώνει τα δύο σωματίδια, ενώ με K συμβολίζεται η σταθερά αναλογίας η οποία ονομάζεται και ηλεκτροστατική σταθερά.

Η ηλεκτροστατική σταθερά δίνεται από τη σχέση $K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon}$. Το ϵ_0 ονομάζεται

απόλυτη διηλεκτρική σταθερά του κενού και το ϵ (καθαρός αριθμός, $\epsilon > 1$) ονομάζεται σχετική διηλεκτρική σταθερά του υλικού (του μέσου) που περιβάλλει τα ηλεκτρικά φορτία. Για το κενό ή κατά προσέγγιση για τον αέρα η τιμή του ϵ_0 είναι

$$\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}.$$

Επομένως η τιμή της σταθεράς K για το κενό ή κατά προσέγγιση για τον αέρα είναι $K = 8,99 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$. Για το νερό η τιμή του ϵ είναι

περίπου 81.

Ανεξάρτητα από το πόσο είναι το φορτίο ή η μάζα καθενός από τα δύο φορτία, το μέτρο της δύναμης που ασκεί το πρώτο στο δεύτερο και το μέτρο της δύναμης που ασκεί το δεύτερο στο πρώτο είναι ίσα.

Σύμφωνα με την αρχή της επαλληλίας, όταν τα φορτισμένα σωματίδια είναι παραπάνω από δύο, η ολική δύναμη που δέχεται ένα σωματίδιο είναι το διανυσματικό άθροισμα των δυνάμεων που θα του ασκούσε καθένα από τα υπόλοιπα φορτία ξεχωριστά.

8.6 Ηλεκτρικό πεδίο.

Ηλεκτρικό πεδίο ονομάζεται ο χώρος μέσα στον οποίο αν φέρουμε ηλεκτρικό φορτίο αυτό δέχεται ηλεκτρική δύναμη. Δύο χαρακτηριστικά φυσικά μεγέθη που μπορούν να περιγράψουν το πεδίο είναι η ένταση και το δυναμικό ή καλύτερα η διαφορά δυναμικού.

8.7 Ένταση ηλεκτρικού πεδίου.

Όταν ένα φορτίο Q βρίσκεται στον ελεύθερο χώρο, ο χώρος γύρω του αποκτά την ιδιότητα της ηλεκτρίσης, δηλαδή της άσκησης δύναμης F σε άλλο φορτίο q που θα βρεθεί σε ένα σημείο A του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται από το φορτίο Q .

Η ένταση $\vec{E}$ του ηλεκτρικού πεδίου σε ένα σημείο του χώρου του, ισούται με τη δύναμη $\vec{F}$ ανά μονάδα φορτίου q που ασκεί το πεδίο στο φορτίο αυτό. Η ένταση είναι διανυσματικό μέγεθος.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Για θετικό φορτίο q η δύναμη και η ένταση έχουν την ίδια φορά. Για αρνητικό φορτίο q η δύναμη και η ένταση έχουν αντίθετη φορά.

8.8 Ηλεκτρικές δυναμικές γραμμές.

Οι ηλεκτρικές δυναμικές γραμμές είναι καμπύλες γραμμές που βοηθούν στην απεικόνιση ή αναπαράσταση του ηλεκτρικού πεδίου. Οι ηλεκτρικές δυναμικές γραμμές σχεδιάζονται ώστε σε κάθε σημείο μιας γραμμής η εφαπτομένη να ταυτίζεται με τη διεύθυνση της έντασης του πεδίου στο σημείο αυτό. Οι δυναμικές γραμμές έχουν μια προσανατολισμένη κατεύθυνση ώστε να ξεκινούν από θετικά φορτία και να καταλήγουν σε αρνητικά φορτία. Δύο βασικά χαρακτηριστικά των δυναμικών γραμμών είναι ότι (1) δεν τέμνονται μεταξύ τους και (2) η πυκνότητα των γραμμών σε μια περιοχή του πεδίου είναι ανάλογη του μέτρου της (μέσης) έντασης του πεδίου στην περιοχή αυτή.

8.9 Ομογενές ηλεκτρικό πεδίο.

Ένα ηλεκτρικό πεδίο του οποίου η ένταση είναι σε όλη την έκτασή του η ίδια, ονομάζεται ομογενές. Σε αυτή την περίπτωση οι ηλεκτρικές δυναμικές γραμμές του πεδίου είναι παράλληλες και έχουν ίσες αποστάσεις ή μια με την επόμενη.

8.10 Διαφορά δυναμικού (τάση).

Κατά τη μετακίνηση ενός φορτίου q από ένα σημείο A σε ένα δεύτερο σημείο B ενός ηλεκτρικού πεδίου, το έργο που γίνεται στο φορτίο από το πεδίο είναι ίσο με το γινόμενο του φορτίου επί τη διαφορά δυναμικού των δύο σημείων.

$$W_{AB} = q(V_A - V_B).$$

Το έργο W_{AB} μπορεί να είναι (1) θετικό, (2) αρνητικό ή (3) μηδέν. Στις περιπτώσεις αυτές και όταν το φορτίο q είναι θετικό, το ηλεκτρικό δυναμικό στο B είναι (1) χαμηλότερο, (2) ψηλότερο ή (3) το ίδιο με το δυναμικό στο A . Αν το φορτίο q είναι αρνητικό τότε το ηλεκτρικό δυναμικό στο B είναι (1) ψηλότερο, (2) χαμηλότερο και (3) το ίδιο με το δυναμικό στο A .

Όταν ένα φορτίο q βρεθεί σε ένα ηλεκτρικό πεδίο, το πεδίο παράγει έργο στο φορτίο, με το έργο να είναι πάντα θετικό. Έτσι τα θετικά φορτία όταν αφεθούν σε ένα ηλεκτρικό πεδίο κινούνται από το πεδίο πάντα σε σημεία χαμηλότερου δυναμικού, ενώ τα αρνητικά φορτία κινούνται από το πεδίο πάντα σε σημεία ψηλότερου δυναμικού.

Όταν το έργο του πεδίου σε ένα φορτίο q είναι αρνητικό, κατά την μετακίνηση από το A προς το B , τότε υπάρχει εξωτερική δύναμη της οποίας το έργο είναι θετικό. Η δύναμη αυτή παράγει έργο ενάντια στην ηλεκτρική δύναμη του πεδίου.

8.11 Ηλεκτρική δυναμική ενέργεια.

Η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια $E_{\eta\lambda}$ είναι αποτέλεσμα των ηλεκτρικών δυνάμεων μεταξύ φορτισμένων σωμάτων. Ορίζουμε ως ηλεκτρική δυναμική ενέργεια ενός συστήματος σημειακών φορτίων, το έργο που απαιτείται για να μεταφερθούν τα φορτία αυτά από το άπειρο στη θέση που καταλαμβάνουν μέσα στο σύστημα. Κατά τη μετακίνηση ενός φορτίου μέσα σε ένα ηλεκτρικό πεδίο η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του συστήματος αυξάνεται, ελαττώνεται ή μένει η ίδια αντίστοιχα αν το έργο του

πεδίου στο φορτίο είναι αρνητικό, θετικό ή μηδέν. Αυτό είναι αποτέλεσμα της διατήρησης της ενέργειας. Έχουμε λοιπόν τη σχέση:

$$W_{AB} = -\Delta E_{\eta\lambda}.$$

Έτσι, θετικό έργο ενός πεδίου σε ένα φορτίο σημαίνει μείωση της ηλεκτρικής δυναμικής ενέργειας, ενώ αρνητικό έργο σημαίνει αύξηση της ηλεκτρικής δυναμικής ενέργειας.

8.12 Σχέση έντασης και δυναμικού. Έστω V το δυναμικό ενός πεδίου σε συνάρτηση με το διάνυσμα της θέσης x . Η ένταση E του πεδίου ως συνάρτηση της θέσης x , δίνεται από την σχέση:

$$E = -\frac{dV}{dx}$$

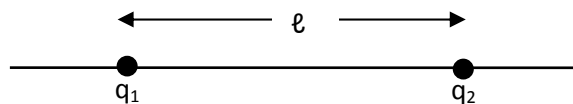
Για ομογενές πεδίο, αν ΔV είναι η διαφορά δυναμικού δύο σημείων που απέχουν μεταξύ τους απόσταση Δx , τότε η ένταση E του πεδίου είναι:

$$E = -\frac{\Delta V}{\Delta x}$$

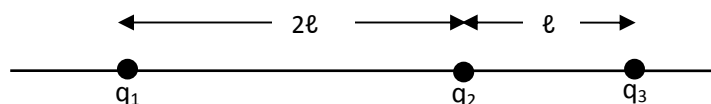
Μια επιφάνεια όπου όλα τα σημεία της έχουν το ίδιο δυναμικό ονομάζεται ισοδυναμική επιφάνεια. Οι ηλεκτρικές δυναμικές γραμμές είναι κάθετες στις ισοδυναμικές επιφάνειες.

Πρόβλημα 177

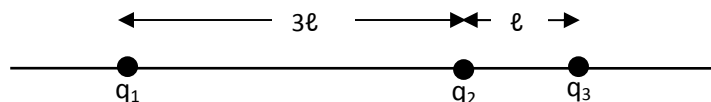
Δύο σημειακά φορτία $q_1 = +5\text{nC}$ και $q_2 = -6\text{nC}$ απέχουν μεταξύ τους απόσταση ℓ , όταν η ηλεκτρική δύναμη που δέχονται μεταξύ τους έχει μέτρο $6,75\text{ N}$.
 Να υπολογίσετε την απόσταση ℓ . Δίνεται $K_0 = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2}$.

**Πρόβλημα 178**

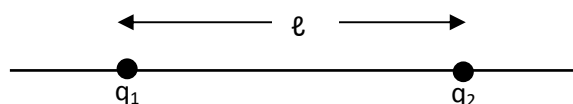
Τρία σημειακά φορτία $q_1 = +20\mu\text{C}$, $q_2 = -60\mu\text{C}$ και $q_3 = +40\mu\text{C}$, βρίσκονται σε ευθεία γραμμή, όπως δείχνει το σχήμα. Δίνεται ότι $\ell = 3\text{ m}$. Να υπολογίσετε τη συνισταμένη ηλεκτρική δύναμη που δέχεται το q_1 από τα άλλα δύο φορτία.
 Δίνεται $K_0 = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2}$.

**Πρόβλημα 179**

Τρία σημειακά φορτία $q_1 = -80\mu\text{C}$, $q_2 = +20\mu\text{C}$ και $q_3 = -40\mu\text{C}$, βρίσκονται σε ευθεία γραμμή, όπως δείχνει το σχήμα. Δίνεται ότι $\ell = 3\text{ m}$.
 (α) Να υπολογίσετε τη συνισταμένη ηλεκτρική δύναμη που δέχεται το q_3 από τα άλλα δύο φορτία.
 Δίνεται $K_0 = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2}$.

**Πρόβλημα 180**

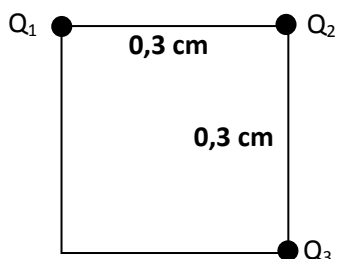
Δύο σημειακά φορτία $q_1 = +12\mu\text{C}$ και $q_2 = +3\mu\text{C}$ απέχουν μεταξύ τους απόσταση $\ell = 0,3\text{ m}$, όπως δείχνει το σχήμα.
 Να υπολογίσετε την απόσταση ενός σημείου από το q_1 πάνω στην ευθεία που ενώνει τα δύο φορτία, ώστε η συνισταμένη δύναμη πάνω σε ένα τρίτο φορτίο q_3 που θα τοποθετηθεί στο σημείο αυτό, να είναι μηδέν. Δίνεται $K_0 = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2}$.



Πρόβλημα 181

Στις τρεις κορυφές ενός τετραγώνου πλευράς 0,3 cm, βρίσκονται τα σημειακά φορτία $Q_1 = +60 \text{ nC}$, $Q_2 = +40 \text{ nC}$ και $Q_3 = -90 \text{ nC}$, όπως δείχνει το σχήμα.

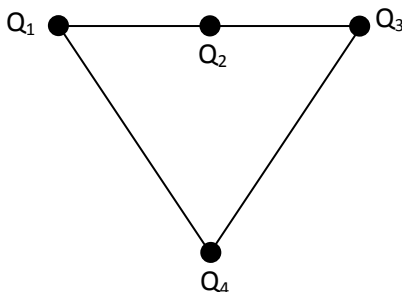
Δίνεται: $K_0 = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$



Να υπολογίσετε τη συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο Q_2 από τα άλλα δύο φορτία.

Πρόβλημα 182

Στο σχήμα φαίνεται η διάταξη τεσσάρων φορτίων στο επίπεδο. Τα φορτία Q_1 , Q_3 και Q_4 βρίσκονται στις τρεις κορυφές ισόπλευρου τριγώνου πλευράς 1 cm. Το φορτίο Q_2 βρίσκεται στο μέσο της πλευράς που ορίζουν τα φορτία Q_1 και Q_3 , όπως δείχνει το σχήμα. Είναι $Q_1 = -10 \text{ μC}$, $Q_2 = +20 \text{ μC}$, $Q_3 = -10 \text{ μC}$ και $Q_4 = +40 \text{ μC}$. Δίνεται $K_0 = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2}$.



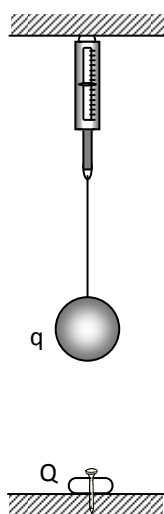
Να υπολογίσετε τη συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο Q_4 από τα άλλα τρία φορτία.

Πρόβλημα 183

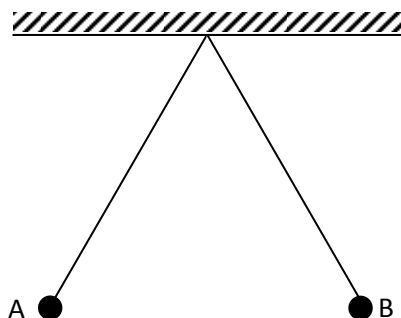
Μια σημειακή σφαίρα με ποσότητα φορτίου q βρίσκεται σε ισορροπία με τη βοήθεια δυναμόμετρου. Αν κάτω από τη σφαίρα, στην ίδια κατακόρυφο και σε απόσταση 30 cm, τοποθετηθεί ένα θετικό σημειακό φορτίο, $Q = +1 \times 10^{-5} \text{ C}$, τότε το δυναμόμετρο δείχνει 2N παραπάνω από την τιμή που έδειχνε χωρίς το δεύτερο φορτίο Q , όπως δείχνει το σχήμα.

(α) Να προσδιορίσετε το είδος του φορτίου q .

(β) Να υπολογίσετε την ποσότητα του φορτίου q . Δίνεται $K_0 = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2}$.

**Πρόβλημα 184**

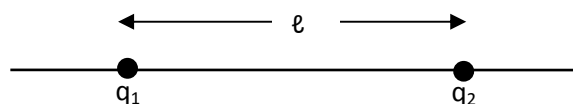
Δύο σωματίδια ίσης μάζας και ίσης ποσότητας ηλεκτρικού φορτίου ισορροπούν, όπως δείχνει το σχήμα. Τα αβαρή νήματα σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 60° . Τα σωματίδια έχουν το καθένα μάζα 0,005 kg. Τα νήματα έχουν το καθένα μήκος 9 cm. Δίνεται $K_0 = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2}$.



Να υπολογίσετε την ποσότητα του φορτίου που φέρουν τα δύο σωματίδια.

Πρόβλημα 185

Δύο σημειακά φορτία $q_1 = +5\text{nC}$ και $q_2 = -10\text{nC}$ απέχουν μεταξύ τους απόσταση $\ell = 6\text{ cm}$, όπως δείχνει το σχήμα. Δίνεται $K_0 = 9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{C}^{-2}$.



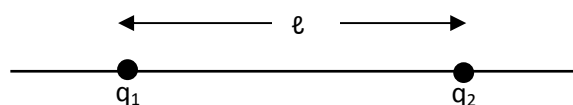
(α) Να υπολογίσετε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου του συστήματος των δύο φορτίων, στο μέσο της ευθείας που τα ενώνει.

(β) Να υπολογίσετε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου του συστήματος των δύο φορτίων, σε ένα σημείο πάνω στην ευθεία που περνά από τα δύο φορτία και βρίσκεται πιο κοντά στο q_2 σε απόσταση 3 cm από αυτό.

(γ) Να υπολογίσετε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου του συστήματος των δύο φορτίων, σε ένα σημείο πάνω στην ευθεία που περνά από τα δύο φορτία και βρίσκεται πιο κοντά στο q_1 σε απόσταση 3 cm από αυτό.

Πρόβλημα 186

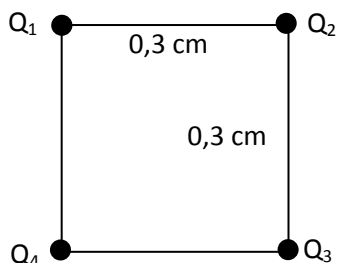
Δύο σημειακά φορτία $q_1 = +4\text{nC}$ και $q_2 = +9\text{nC}$ απέχουν μεταξύ τους απόσταση $\ell = 6\text{ cm}$, όπως δείχνει το σχήμα.



Να υπολογίσετε την απόσταση από το q_1 στην οποία η ένταση του πεδίου του συστήματος των δύο φορτίων είναι μηδέν.

Πρόβλημα 187

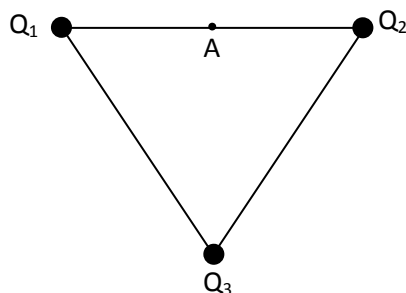
Στις τέσσερις κορυφές ενός τετραγώνου πλευράς $0,3\text{ cm}$, βρίσκονται τα σημειακά φορτία $Q_1 = +60\text{ nC}$, $Q_2 = +40\text{ nC}$, $Q_3 = -90\text{ nC}$ και $Q_4 = -120\text{ nC}$, όπως δείχνει το σχήμα. Δίνεται: $K_0 = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$.



Η υπολογιστεί η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου του συστήματος των τεσσάρων φορτίων, στο μέσο του τετραγώνου.

Πρόβλημα 188

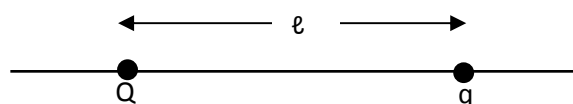
Στο σχήμα φαίνεται η διάταξη τριών φορτίων στο επίπεδο. Τα φορτία Q_1 , Q_2 και Q_3 βρίσκονται στις τρεις κορυφές ισόπλευρου τριγώνου πλευράς 10 cm. Το σημείο A βρίσκεται στο μέσο της πλευράς που ορίζουν τα φορτία Q_1 και Q_2 , όπως δείχνει το σχήμα. Είναι $Q_1 = -10 \mu\text{C}$, $Q_2 = +10 \mu\text{C}$ και $Q_3 = +10 \mu\text{C}$. Δίνεται $K_0 = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$.



- (α) Να υπολογίσετε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου που οφείλεται στο σύστημα των τριών φορτίων, στο σημείο A.
 (β) Να υπολογιστεί η δύναμη που θα ασκηθεί σε ένα φορτίο $q = -20 \mu\text{C}$, όταν τοποθετηθεί στο σημείο A.
 (γ) Να υπολογίσετε τη συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο Q_3 από τα άλλα δύο φορτία.
 (δ) Να υπολογίσετε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου που οφείλεται στο σύστημα των φορτίων Q_1 και Q_2 στο σημείο που βρίσκεται το Q_3 .

Πρόβλημα 189

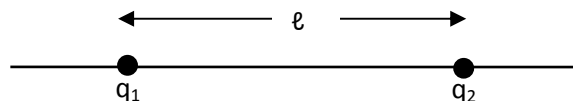
Δύο σημειακά φορτία $Q = +9 \mu\text{C}$ και $q = +6 \text{ nC}$ απέχουν μεταξύ τους αρχικά απόσταση $\ell = 6 \text{ cm}$, όπως δείχνει το σχήμα. Το φορτίο Q κρατείται ακίνητο.



- (α) Να υπολογίσετε το έργο του πεδίου στο φορτίο q όταν αυτό μετακινείται σε απόσταση 2ℓ από το φορτίο Q.
 (β) Να υπολογίσετε το έργο του πεδίου στο φορτίο q όταν αυτό μετακινείται σε απόσταση όπου η αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο φορτίων είναι αμελητέα.

Πρόβλημα 190

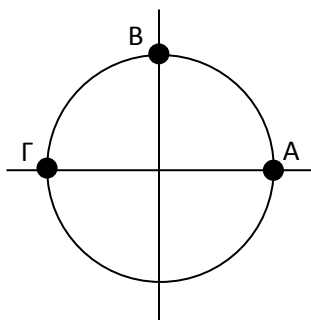
Δύο σημειακά φορτία $q_1 = +4nC$ και $q_2 = -9nC$ απέχουν μεταξύ τους απόσταση $\ell = 6$ cm, όπως δείχνει το σχήμα.



Να υπολογίσετε την ενέργεια που απαιτείται για να μετακινήσουμε το q_1 από το σημείο που βρίσκεται στο άπειρο, δηλαδή σε σημείο που η αλληλεπίδραση των δύο φορτίων να είναι αμελητέα.

Πρόβλημα 191

Τρία σωματίδια βρίσκονται σε περιφέρεια κύκλου ακτίνας R , όπως δείχνει το σχήμα. Τα σωματίδια A , B και Γ φέρουν φορτίο $-Q$, $+2Q$, και $+Q$ αντίστοιχα, δημιουργώντας ηλεκτρικό πεδίο στο χώρο.



- (α) Να υπολογίσετε το μέτρο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο κέντρο του κύκλου, ως συνάρτηση του Q , της ακτίνας R και της σταθεράς του Coulomb K .
- (β) Να υπολογίσετε το έργο του πεδίου για τη μετακίνηση ενός σωματιδίου με φορτίο $-Q$ από το κέντρο του κύκλου στο άπειρο. Να εξηγήσετε αν κατά τη μετακίνηση αυτή αυξάνεται ή μειώνεται ή μένει η ίδια η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του πεδίου.
- (γ) Να προσδιορίσετε το είδος (Θετικό ή αρνητικό) και τις θέσεις που πρέπει να τοποθετηθεί ένα τέταρτο φορτίο πάνω στην περιφέρεια του κύκλου ώστε η ένταση του πεδίου, παρουσία και του τέταρτου φορτίου, στο κέντρο του κύκλου να γίνει μηδέν.