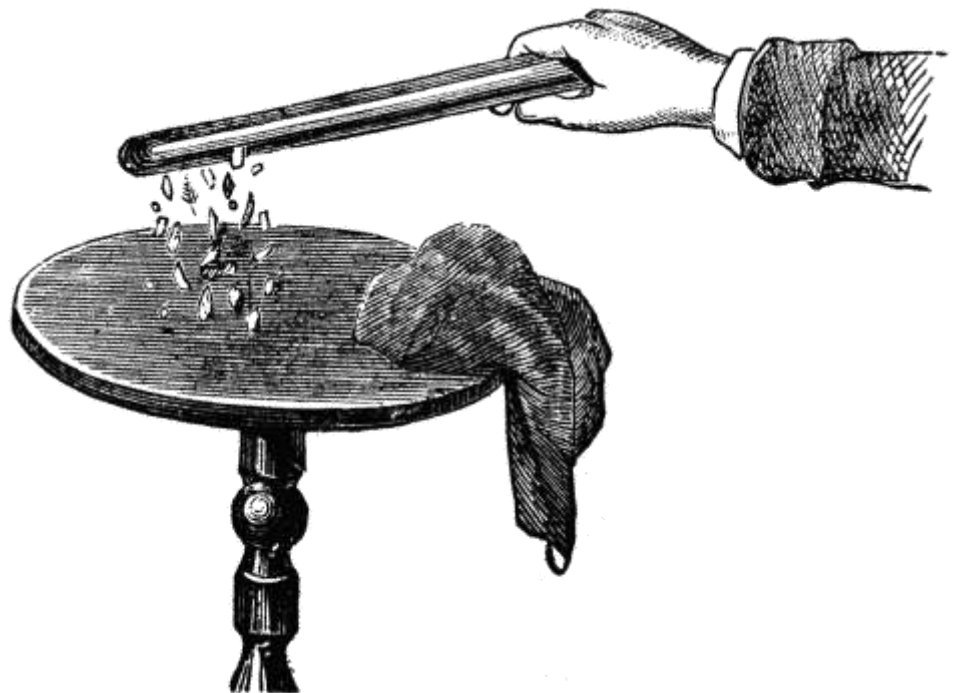


Φυσική

Β' Λυκείου γενικής παιδείας

1^ο Κεφάλαιο



ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΕΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ.

Η προέλευση της ονομασίας ηλεκτρισμός

Τον 6^ο αιώνα π.χ. οι αρχαίοι Έλληνες ανακάλυψαν ότι το ήλεκτρο (κεχριμπάρι), όταν τριβόταν με ένα κομμάτι ύφασμα, αποκτούσε μια παράξενη ιδιότητα να έλκει μικρά, ελαφριά αντικείμενα, όπως τρίχες, μικρά φτερά, πούπουλα, ξερά φύλλα κτλ.

Αυτή η παράξενη ιδιότητα που αποκτούσε το ήλεκτρο μετά από τριβή ονομάστηκε **ηλεκτρισμός**.

Ηλεκτρισμένα σώματα και ηλεκτρίση.

Διαπιστώθηκε πειραματικά ότι η ίδια παράξενη ιδιότητα του ήλεκτρου εκδηλώνεται και σε άλλα σώματα, όπως το γυαλί, το θειάφι, το πλαστικό κτλ.

Όλα τα υλικά τα οποία, όταν τα τρίψουμε με μάλλινο ύφασμα, συμπεριφέρονται όπως το ήλεκτρο, θα λέγονται **ηλεκτρισμένα**.

Η διαδικασία με την οποία ένα σώμα ηλεκτρίζεται λέγεται **ηλεκτρίση**.

Θετικά και αρνητικά ηλεκτρισμένα σώματα.

Αν τρίψουμε σε μεταξωτό ύφασμα δύο γυάλινες ράβδους και τις πλησιάσουμε μεταξύ τους, θα παρατηρήσουμε ότι απωθούνται.

Αν όμως τρίψουμε σε μεταξωτό ύφασμα μια γυάλινη ράβδο και σε μάλλινο ύφασμα μια ράβδο από εβονίτη (είδος πλαστικού) και τις πλησιάσουμε μεταξύ τους, θα παρατηρήσουμε ότι οι δύο ράβδοι έλκονται.

Από τα παραπάνω απλά πειράματα διαπιστώνουμε ότι υπάρχουν δύο διαφορετικές καταστάσεις των ηλεκτρισμένων σωμάτων. Συμβατικά, για να δείξουμε τις καταστάσεις αυτές, θεωρούμε:

☞ **Θετικά ηλεκτρισμένα** τα σώματα που εμφανίζουν όμοια συμπεριφορά με την ηλεκτρισμένη ράβδο γυαλιού.

☞ **Αρνητικά ηλεκτρισμένα** τα σώματα που εμφανίζουν όμοια συμπεριφορά με την ηλεκτρισμένη ράβδο εβονίτη.

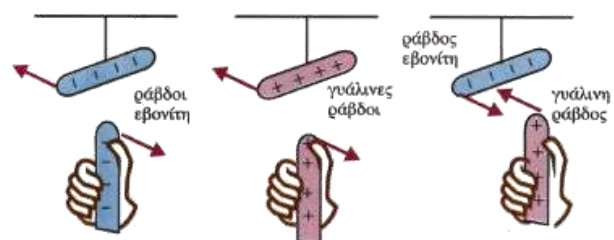
Είδη δυνάμεων μεταξύ των ηλεκτρισμένων σωμάτων.

Σύμφωνα με όσα είδαμε παραπάνω, οι δυνάμεις που εμφανίζονται μεταξύ των ηλεκτρισμένων σωμάτων μπορεί να είναι είτε **ελκτικές** είτε **απωστικές**.

Τι είναι το ηλεκτρικό φορτίο.

Για να μπορέσουμε να εξηγήσουμε την ιδιότητα των ηλεκτρισμένων σωμάτων, ορίσαμε ένα καινούριο μονόμετρο φυσικό μέγεθος, το **ηλεκτρικό φορτίο**, το οποίο συμβολίζεται με Q ή q .

Σύμφωνα με τα παραδείγματα που εξετάσαμε



προηγουμένως, υπάρχουν δύο είδη ηλεκτρικού φορτίου:

☞ Αυτό που εμφανίζεται στο γυαλί, όταν το τρίψουμε με μεταξωτό ύφασμα, και το οποίο ονομάζουμε **θετικό (+Q)**.

☞ Αυτό που εμφανίζεται στον εβονίτη, όταν τον τρίψουμε με μάλλινο ύφασμα, και το οποίο ονομάζουμε **αρνητικό (-Q)**.

Μονάδα μέτρησης του ηλεκτρικού φορτίου στο διεθνές σύστημα μονάδων (S.I.) είναι το 1 C (κουλόμπ).

Επειδή το 1 C είναι πολύ μεγάλη μονάδα μέτρησης ηλεκτρικού φορτίου, συχνά χρησιμοποιούμε μικρότερες μονάδες μέτρησης του φορτίου, οι οποίες είναι:

$$1 \text{ mC} = 10^{-3} \text{ C}$$

$$1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$$

$$1 \text{ nC} = 10^{-9} \text{ C}$$

$$1 \text{ pC} = 10^{-12} \text{ C}$$

☞ Δύο θετικά ή αρνητικά ηλεκτρικά φορτία ονομάζονται **ομώνυμα φορτία**.

☞ Ένα θετικό και ένα αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο ονομάζονται **ετερόνυμα φορτία**.

Άρα οι δυνάμεις μεταξύ ομώνυμων φορτίων είναι απωστικές και οι δυνάμεις μεταξύ ετερόνυμων φορτίων είναι ελκτικές.

Ποιες είναι οι δύο βασικές ιδιότητες του ηλεκτρικού φορτίου;

Για το ηλεκτρικό φορτίο ισχύουν δύο σημαντικές ιδιότητες:

1. Η αρχή διατήρησης του φορτίου.

Σε ένα απομονωμένο ηλεκτρικό σύστημα το αλγεβρικό άθροισμά των ηλεκτρικών φορτίων παραμένει σταθερό όσες μεταβολές και αν συμβούν μέσα στο σύστημα αυτό.

Σύμφωνα με την αρχή αυτή, το φορτίο ούτε δημιουργείται ούτε καταστρέφεται, παρά μόνο μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο σώμα.

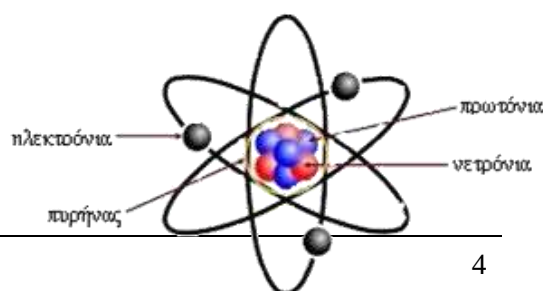
2. Το ηλεκτρικό φορτίο είναι κβαντισμένο.

Αυτό σημαίνει ότι μια ποσότητα ηλεκτρικού φορτίου Q δεν μπορεί να έχει οποιαδήποτε τιμή αλλά μόνο συγκεκριμένη τιμή. Οι τιμές που μπορεί να πάρει το ηλεκτρικό φορτίο είναι ακέραια πολλαπλάσια ενός στοιχειώδους ηλεκτρικού φορτίου (e), δηλαδή ισχύει: $Q = N \cdot |e|$ όπου N ακέραιος θετικός αριθμός.

Το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο έχει τιμή ίση με $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Ο ηλεκτρισμός και η δομή της ύλης.

Τα σώματα που συναντάμε στη φύση αποτελούνται από άτομα τα οποία είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους.



Κάθε άτομο αποτελείται από έναν πυρήνα μέσα στον οποίο βρίσκονται τα πρωτόνια, που έχουν θετικό ηλεκτρικό φορτίο, και τα νετρόνια, που είναι ηλεκτρικά ουδέτερα.

Γύρω από τον πυρήνα περιστρέφονται τα ηλεκτρόνια, που έχουν αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο και μάλιστα το φορτίο του κάθε ηλεκτρονίου είναι κατ' απόλυτη τιμή ίσο με το φορτίο του πρωτονίου.

Όταν ένα άτομο είναι ηλεκτρικά ουδέτερο, έχει ίσο αριθμό πρωτονίων και ηλεκτρονίων.

Αν για κάποιο λόγο διαταραχτεί η ισορροπία ανάμεσα στα πρωτόνια και στα ηλεκτρόνια, το άτομο «**ηλεκτρίζεται**». Επειδή τα πρωτόνια του πυρήνα δεν μπορούν να μετακινηθούν, αυτό που μπορεί να συμβεί είναι:

☞ Είτε από το άτομο **να φύγουν ηλεκτρόνια**, οπότε τα πρωτόνια θα είναι περισσότερα και το άτομο φορτίζεται **θετικά**.

☞ Είτε στο άτομο **να έρθουν ηλεκτρόνια**, οπότε τα πρωτόνια θα είναι λιγότερα και το άτομο φορτίζεται **αρνητικά**.

Συμπέρασμα: Αν από ένα ηλεκτρικά ουδέτερο σώμα αφαιρεθούν ή προστεθούν ηλεκτρόνια, το σώμα θα είναι θετικά ή αρνητικά ηλεκτρισμένο αντίστοιχα.

Το φορτίο του ηλεκτρονίου είναι η μικρότερη ποσότητα ηλεκτρικού φορτίου που έχει παρατηρηθεί στη φύση σε ελεύθερη μορφή. Η ποσότητα αυτή είναι γνωστή ως **στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο**.

Το ηλεκτροσκόπιο και η λειτουργία του.

Για να μπορέσουμε να διαπιστώσουμε αν ένα σώμα είναι ηλεκτρισμένο ή όχι, θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε κατάλληλο όργανο. Το όργανο που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση του ηλεκτρικού φορτίου είναι το **ηλεκτροσκόπιο**.

Το ηλεκτροσκόπιο αποτελείται από ένα γυάλινο δοχείο που στηρίζεται σε μια μονωτική βάση και από ένα μεταλλικό στέλεχος. Στην κορυφή του μεταλλικού στελέχους βρίσκεται μια μεταλλική σφαίρα Σ και στο κάτω άκρο του υπάρχουν δύο λεπτά μεταλλικά φύλλα από τα οποία το ένα είναι ακλόνητο και το άλλο μπορεί να κινείται (δείκτης).

Όταν φέρουμε σε επαφή ένα φορτισμένο σώμα με τη μεταλλική σφαίρα Σ, τότε τα δύο λεπτά μεταλλικά φύλλα του ηλεκτροσκοπίου που βρίσκονται στο εσωτερικό του αποκτούν ίδιο φορτίο, με αποτέλεσμα να απωθούνται μεταξύ τους.



Τρόποι ηλεκτρίσης ενός σώματος

Η ηλεκτρίση ενός σώματος μπορεί να πραγματοποιηθεί με τους εξής τρόπους:

1. Ηλεκτρίση με τριβή.
2. Ηλεκτρίση με επαφή.
3. Ηλεκτρίση με επαγωγή.

Ερμηνεία ηλεκτρίσης με τριβή

Είδαμε ότι, όταν τρίψουμε μια γυάλινη ράβδο με μεταξωτό ύφασμα, τότε η ράβδος φορτίζεται θετικά. Αυτό σημαίνει ότι από τη γυάλινη ράβδο φεύγουν ηλεκτρόνια τα οποία μεταφέρονται στο ύφασμα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το μεταξωτό ύφασμα να φορτίζεται αρνητικά.

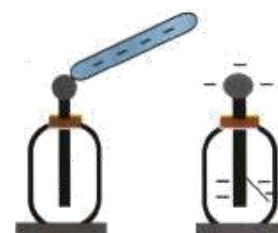


Συμπέρασμα

Κατά την ηλεκτρίση με τριβή τα δύο σώματα αποκτούν κατ' απόλυτη τιμή ίσα φορτία αλλά ετερόνυμα.

Ερμηνεία ηλεκτρίσης με επαφή

Φέρνουμε σε επαφή μια φορτισμένη ράβδο εβονίτη με τη μεταλλική σφαίρα Σ ενός ηλεκτροσκοπίου. Όπως ξέρουμε, η φορτισμένη ράβδος εβονίτη έχει αρνητικό φορτίο. Όταν λοιπόν τη φέρουμε σε επαφή με τη μεταλλική σφαίρα του ηλεκτροσκοπίου, ένα μέρος των ηλεκτρονίων της μεταφέρονται στο μεταλλικό στέλεχος του ηλεκτροσκοπίου, με αποτέλεσμα το μεταλλικό στέλεχος να φορτίζεται αρνητικά.



Συμπέρασμα: Κατά την ηλεκτρίση με επαφή τα δύο σώματα αποκτούν ομόνυμα φορτία.

Ερμηνεία ηλεκτρίσης με επαγωγή

Τα στάδια της ηλεκτρίσης ενός σώματος με επαγωγή είναι:

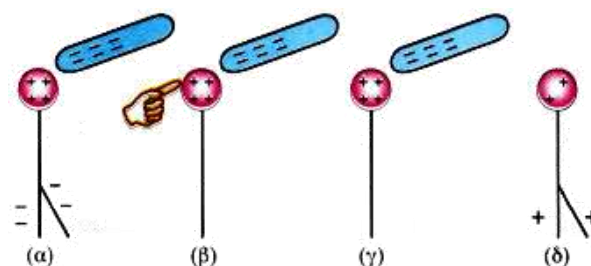
1. Πλησιάζουμε μια φορτισμένη ράβδο από εβονίτη σε μια αφόρτιστη μεταλλική σφαίρα. Τότε τα ελεύθερα ηλεκτρόνια της σφαίρας θα μετακινηθούν προς τα μεταλλικά ελάσματα, γιατί απωθούνται έλκονται από αυτή.

2. Συνδέουμε το άλλο άκρο της σφαίρας με το έδαφος μέσω π.χ. του χεριού μας. Τότε στη σφαίρα φεύγουν ηλεκτρόνια προς τη γη.

3. Απομακρύνουμε τη γείωση.

4. Απομακρύνουμε, τέλος, την αρνητικά φορτισμένη ράβδο.

Η σφαίρα πλέον έχει ηλεκτριστεί με θετικό φορτίο.



Συμπέρασμα: Κατά την ηλεκτρίση με επαγωγή το φορτισμένο σώμα διατηρεί το φορτίο του, ενώ το αφόρτιστο σώμα αποκτά ετερόνυμο φορτίο σε σχέση με το φορτίο του φορτισμένου σώματος.

Αγωγοί και μονωτές.

Όλα τα υλικά δεν επιτρέπουν την κίνηση ηλεκτρικού φορτίου μέσα από τη μάζα τους. Διακρίνουμε λοιπόν τα υλικά στις εξής κατηγορίες:

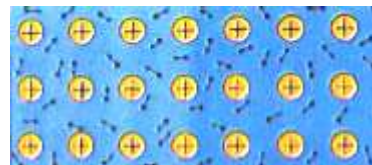
☞ **Αγωγοί:** Πρόκειται για τα υλικά που επιτρέπουν τη μετακίνηση ηλεκτρικών φορτίων μέσα από τη μάζα τους. Αγωγοί είναι τα μέταλλα, οι ηλεκτρολύτες, το ανθρώπινο σώμα κτλ.

☛ **Μονωτές:** Πρόκειται για τα υλικά που δεν επιτρέπουν τη μετακίνηση ηλεκτρικών φορτίων μέσα από τη μάζα τους. Μονωτές είναι το ξύλο, το γυαλί, το πλαστικό, το χαρτί, το καουτσούκ κτλ.

Παρατήρηση: Εκτός από τους αγωγούς και τους μονωτές, υπάρχει ακόμη μια κατηγορία υλικών που εμφανίζουν ενδιάμεση συμπεριφορά. Τα υλικά αυτά ονομάζονται **ημιαγωγοί** και ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στο εσωτερικό τους άλλοτε επιτρέπουν και άλλοτε δεν επιτρέπουν τη μετακίνηση ηλεκτρικού φορτίου μέσα από τη μάζα τους.

Ηλεκτρική αγωγιμότητα; Πού οφείλεται η ηλεκτρική αγωγιμότητα στα μέταλλα;

Με τον όρο «**ηλεκτρική αγωγιμότητα**» εννοούμε την ικανότητα που έχουν ορισμένα σώματα να επιτρέπουν την κίνηση ηλεκτρικού φορτίου μέσα από τη μάζα τους.



Στην περίπτωση των μετάλλων, που είναι οι πιο συνηθισμένοι αγωγοί, η ηλεκτρική αγωγιμότητα οφείλεται στα **ελεύθερα ηλεκτρόνια**.

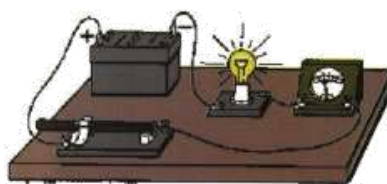
Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια είναι τα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στιβάδας των ατόμων, τα οποία έχουν ξεφύγει από την έλξη του πυρήνα και κινούνται ελεύθερα ανάμεσα στα άτομα και σε όλη την έκταση του μετάλλου με ταχύτητες που πλησιάζουν τα 1.000 km/s.

Το ηλεκτρικό ρεύμα.

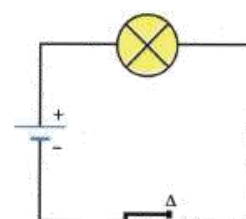
Όταν συνδέσουμε τα άκρα ενός μεταλλικού αγωγού με μια μπαταρία, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια που υπάρχουν μέσα στον αγωγό αναγκάζονται να κινηθούν προς μία ορισμένη κατεύθυνση. Όπως θα δούμε και σε επόμενη ενότητα, στην περίπτωση αυτή λέμε ότι το κύκλωμα διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα.

Τι είναι το ηλεκτρικό κύκλωμα. Πότε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα λέγεται ανοικτό και πότε κλειστό.

Για να μπορέσει να λειτουργήσει μια ηλεκτρική συσκευή (για παράδειγμα, μια λάμπα), θα πρέπει να τη συνδέσουμε με τους πόλους μιας ηλεκτρικής πηγής (για παράδειγμα, με τους πόλους μιας μπαταρίας). Δημιουργούμε με τον τρόπο αυτό ένα ηλεκτρικό κύκλωμα.



(α)



(β)

☛ Το ηλεκτρικό κύκλωμα είναι μια κλειστή αγωγίμη διαδρομή από την οποία διέρχεται το ηλεκτρικό ρεύμα.

Ένα ηλεκτρικό κύκλωμα περιλαμβάνει:

1. Μία ή περισσότερες ηλεκτρικές πηγές (π.χ. μπαταρία).
2. Μία ή περισσότερες συσκευές που λέγονται καταναλωτές.
3. Ένα διακόπτη που χρησιμοποιείται για τη λειτουργία ή όχι του κυκλώματος.
4. Καλώδια (αγωγούς) που χρησιμοποιούνται για να συνδεθούν μεταξύ τους όλα τα στοιχεία.

Ένα τέτοιο ηλεκτρικό κύκλωμα φαίνεται στο διπλανό σχήμα.

☞ Όταν ο διακόπτης σε ένα κύκλωμα είναι ανοικτός, το κύκλωμα δε διαρρέεται από ρεύμα και ονομάζεται **ανοικτό**.

☞ Όταν ο διακόπτης σε ένα κύκλωμα είναι κλειστός, το κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα και ονομάζεται **κλειστό**.

Ο ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ COULOMB

Ο νόμος του Coulomb αναφέρεται σε δύο ηλεκτρικά φορτία και ορίζεται ως:

Κάθε σημειακό ηλεκτρικό φορτίο ασκεί δύναμη σε κάθε άλλο σημειακό ηλεκτρικό φορτίο. Το μέτρο της δύναμης είναι ανάλογο του γινομένου των φορτίων που αλληλεπιδρούν και αντίστροφα ανάλογο με το τετράγωνο της μεταξύ τους απόστασης.

Δηλαδή η μαθηματική σχέση είναι η: $F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$ η σταθερά αναλογίας k εξαρτάται

α. από τη φύση του υλικού μέσου, που βρίσκονται τα φορτία και

β. το σύστημα μονάδων.

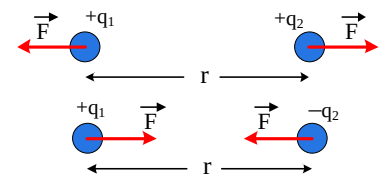
Η δύναμη Coulomb έχει:

Μέτρο που υπολογίζεται από τη σχέση $F = \frac{k |q_1 q_2|}{r^2}$

Διεύθυνση, τη διεύθυνση της ευθείας που ενώνει τα δύο σημειακά φορτία, που είναι και φορέας της.

Φορά, ανάλογα με το είδος των φορτίων δηλαδή είναι ελκτικές για ετερόνυμα και απωστικές για ομώνυμα ηλεκτρικά φορτία.

Σημείο εφαρμογής, τα σημειακά φορτία q_1 και q_2 .



Ο νόμος του Coulomb ισχύει με τις εξής προϋποθέσεις:

α. Τα φορτία να είναι σημειακά ή να έχουν σφαιρική κατανομή του φορτίου τους, οπότε το φορτίο θεωρείται συγκεντρωμένο στο κέντρο της σφαίρας.

β. Τα φορτία να είναι ακίνητα (μερικές φορές έχουμε φορτία σε κίνηση αλλά θεωρούμε ότι είναι ακίνητα στιγμιαία και χρησιμοποιούμε το νόμο του Coulomb ως έχει)

γ. Να βρίσκονται μέσα στο ίδιο διηλεκτρικό περιβάλλον (ισότροπο μέσο π.χ. στον αέρα).

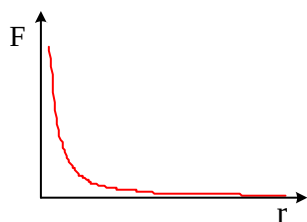
Οι δυνάμεις Coulomb είναι:

α. Κεντρικές δυνάμεις, δηλαδή έχουν φορέα, την ευθεία που ενώνει τα δύο σημειακά φορτία.

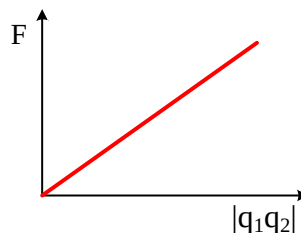
β. Συντηρητικές δηλαδή το έργο τους δεν εξαρτάται από την διαδρομή

γ. Ακολουθούν το νόμο του αντιστρόφου τετραγώνου, αφού είναι ανάλογες του $\frac{1}{r^2}$.

Γραφικές παραστάσεις της δύναμης Coulomb σε σχέση με την απόσταση και του μέτρου του γινομένου των φορτίων



Δύναμη Coulomb - απόσταση



Δύναμη Coulomb – γινόμενο φορτίων

Η αριθμητική τιμή της σταθεράς k που εισέρχεται στο νόμο του Coulomb εξαρτάται:

1. Από το υλικό μέσα στο οποίο βρίσκονται τα δύο φορτία.

Η δύναμη Coulomb που αναπτύσσεται ανάμεσα σε δύο φορτία q_1 και q_2 τα οποία απέχουν απόσταση r και βρίσκονται στο κενό (ή στον αέρα) έχει διαφορετικό μέτρο από τη δύναμη Coulomb που θα αναπτυσσόταν αν τα δύο φορτία q_1 και q_2 βρίσκονταν μέσα σε κάποιο μονωτικό υλικό και απείχαν την ίδια απόσταση r .

2. Από την επιλογή του συστήματος μονάδων.

Όταν χρησιμοποιήσουμε ως σύστημα μονάδων το διεθνές σύστημα (S.I.) και τα φορτία βρίσκονται στο κενό ή στον αέρα, η τιμή της σταθεράς k είναι ίση με $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

Μία άλλη δύναμη που έχει παρόμοια χαρακτηριστικά με την δύναμη Coulomb είναι η δύναμη της βαρύτητας ας δούμε τις ομοιότητες και τις διαφορές μεταξύ τους

Ομοιότητες

1. Το μέτρο της δύναμης της παγκόσμιας έλξης $F = \frac{G m_1 m_2}{r^2}$ και της δύναμης μεταξύ ηλεκτρικών φορτίων (δύναμη Coulomb) είναι ανάλογο του γινομένου των μαζών ή των φορτίων αντίστοιχα.
2. Και στους δύο νόμους το μέτρο της δύναμης είναι αντιστρόφως ανάλογο του τετραγώνου της απόστασης μεταξύ των μαζών ή των φορτίων.
3. Και η δύναμη παγκόσμιας έλξης και η δύναμη Coulomb έχουν τη διεύθυνση της ευθείας που ενώνει τις μάζες ή τα φορτία αντίστοιχα (κεντρικές δυνάμεις).
4. Οι σταθερές και των δύο νόμων εξαρτώνται από το σύστημα μονάδων.

Διαφορές

1. Οι δυνάμεις μεταξύ μαζών είναι πάντοτε ελκτικές, ενώ οι δυνάμεις μεταξύ φορτίων μπορεί να είναι ελκτικές ή απωστικές.
2. Η σταθερά του νόμου του Coulomb εξαρτάται και από το μονωτικό υλικό που παρεμβάλλεται μεταξύ των δύο φορτίων, ενώ για την αντίστοιχη σταθερά του νόμου της παγκόσμιας έλξης δεν ισχύει κάτι ανάλογο.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΥΣΗ ΤΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Υπολογισμός της ηλεκτρικής δύναμης που αναπτύσσεται ανάμεσα σε δύο ηλεκτρικά φορτία.**ΑΠΛΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΤΟΥ COULOMB**

Όταν εφαρμόζουμε το νόμο του Coulomb, πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη:

1. Τα φορτία στο νόμο του Coulomb τα αντικαθιστούμε αφού τα μετατρέψουμε σε C.

Για τις μετατροπές θυμίζουμε ότι ισχύει: $1 \text{ mC} = 10^{-3} \text{ C}$, $1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$, $1 \text{ nC} = 10^{-9} \text{ C}$ και $1 \text{ pC} = 10^{-12} \text{ C}$.

2. Η απόσταση r αντικαθίσταται αφού μετατραπεί σε m.

Για τις μετατροπές θυμίζουμε ότι ισχύει: $1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$, $1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$, $1 \text{ dm} = 10^{-1} \text{ m}$.

3. Προσοχή! Το είδος των ηλεκτρικών φορτίων δεν επηρεάζει το αποτέλεσμα για το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης αλλά μόνο για την κατεύθυνση της.

Παράδειγμα 1. Δύο σημειακά ηλεκτρικά φορτία $q_1 = 2 \mu\text{C}$ και $q_2 = -3 \mu\text{C}$ βρίσκονται σε απόσταση $r = 30 \text{ cm}$. Να υπολογίσετε:

α. Το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης που αναπτύσσεται μεταξύ τους.

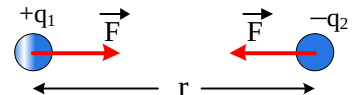
β. Την απόσταση στην οποία θα έπρεπε να βρίσκονται τα δύο φορτία, ώστε η μεταξύ τους ηλεκτρική δύναμη να έχει μέτρο $2,4 \text{ N}$.

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

Λύση

α. Αρχικά μετατρέπουμε όλες τις μονάδες στο S.I.

Είναι: $q_1 = 2 \mu\text{C} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$, $q_2 = -3 \mu\text{C} = -3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ και $r = 30 \text{ cm} = 30 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 3 \cdot 10^{-1} \text{ m}$.



Το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης που αναπτύσσεται ανάμεσα στα φορτία q_1 και q_2 είναι:

$$F = \frac{k |q_1 q_2|}{r^2} \Rightarrow F = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{(3 \cdot 10^{-1})^2} \Rightarrow F = \frac{9 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 10^{-3}}{9 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow F = 6 \cdot 10^{-1} \text{ N} \Rightarrow F = 0,6 \text{ N}$$

β. Η απόσταση r' στην οποία θα έπρεπε να βρεθούν τα φορτία q_1 και q_2 , ώστε η ηλεκτρική δύναμη που ασκείται μεταξύ τους να είναι $F' = 2,4 \text{ N}$, είναι:

$$F' = \frac{k |q_1 q_2|}{r'^2} \Rightarrow r'^2 = \frac{k |q_1 q_2|}{F'} \Rightarrow r'^2 = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{2,4} \Rightarrow r'^2 = 22,5 \cdot 10^{-3} \Rightarrow r^2 = 225 \cdot 10^{-4} \Rightarrow$$

$$\mathbf{r = 15 \cdot 10^{-2} \text{ m}}$$

Υπολογισμός της ηλεκτρικής δύναμης που ασκείται σε σημειακό φορτίο από δύο ή περισσότερα φορτία, όταν όλα τα φορτία βρίσκονται πάνω σε ευθεία.

Τα βήματα που ακολουθούμε είναι:

1. Φτιάχνουμε το σχήμα προσεκτικά σημειώνοντας τις αποστάσεις ανάμεσα στο φορτίο q , για το οποίο θέλουμε να υπολογίσουμε τη δύναμη που του ασκείται, και στα υπόλοιπα φορτία.

2. Σχεδιάζουμε καθεμία από τις δυνάμεις που ασκούνται στο φορτίο q από τα υπόλοιπα φορτία.

3. Υπολογίζουμε το μέτρο της κάθε δύναμης εφαρμόζοντας όσες φορές χρειαστεί το νόμο του Coulomb.

4. Οι δυνάμεις που ασκούνται στο φορτίο q θα είναι συγγραμμικές. Ανάλογα με την κατεύθυνση των δυνάμεων ορίζουμε αυθαίρετα μία φορά ως θετική και προσθέτουμε ή αφαιρούμε για να βρούμε το μέτρο της συνισταμένης δύναμης που θα ασκείται στο φορτίο q .

5. Δείχνουμε στο σχήμα την κατεύθυνση της συνισταμένης δύναμης που ασκείται στο φορτίο q .

Δεν ξεχνάμε ότι η δύναμη είναι διανυσματικό μέγεθος οπότε πρέπει πάντα το σύμβολο F να συνοδεύεται από διάνυσμα $\vec{F}$ (π.χ. στα σχήματα), ενώ "σκέτο" το σύμβολο F χρησιμοποιείται όταν μιλάμε για το μέτρο (τιμή) του διανύσματος.

Παράδειγμα 2. Τρία σημειακά ηλεκτρικά φορτία $q_1 = 2 \mu\text{C}$, $q_2 = 4 \mu\text{C}$ και $q_3 = 5 \mu\text{C}$ βρίσκονται ακλόνητα στα σημεία A, B και Γ αντίστοιχα μιας ευθείας. Οι αποστάσεις μεταξύ των φορτίων είναι $AB = 0,3 \text{ m}$ και $AG = 0,8 \text{ m}$. Να υπολογίσετε τη δύναμη που ασκείται στο φορτίο q_2 . Δίνεται: $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

Λύση

Η κατεύθυνση των δυνάμεων που ασκούνται στο φορτίο q_2 από τα υπόλοιπα φορτία φαίνεται στο σχήμα.

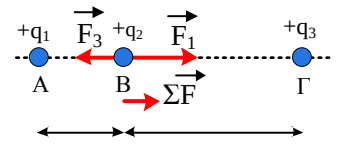
☞ Η δύναμη $\vec{F}_1$, που ασκείται στο φορτίο q_2 από το φορτίο q_1 είναι απωστική. Το μέτρο της είναι:

$$F_1 = \frac{k |q_1 q_2|}{(AB)^2} \Rightarrow F_1 = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 10^{-6}}{0,09} \Rightarrow F_1 = \frac{9 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{9 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow F_1 = 8 \cdot 10^{-1} \text{ N}$$

☞ Η δύναμη $\vec{F}_3$, που ασκείται στο φορτίο q_2 από το φορτίο q_3 , είναι απωστική. Το μέτρο της είναι:

$$F_3 = \frac{k |q_2 q_3|}{(BG)^2} \Rightarrow F_3 = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{0,25} \Rightarrow F_3 = \frac{9 \cdot 4 \cdot 5}{25 \cdot 10^{-2}} \cdot 10^{-3} \Rightarrow F_3 = 7,2 \cdot 10^{-1} \text{ N}$$

Οι δυνάμεις $\vec{F}_1$ και $\vec{F}_3$ είναι αντίρροπες. Η συνισταμένη δύναμη $\Sigma \vec{F}$, που ασκείται στο φορτίο q_2 , έχει κατεύθυνση την κατεύθυνση της δύναμης $\vec{F}_1$ και μέτρο: $\Sigma F = F_1 - F_3 = 0,8 - 0,72 \Rightarrow \Sigma F = 0,08 \text{ N}$



Εύρεση του σημείου ισορροπίας ηλεκτρικού φορτίου.

Όταν ένα φορτίο ισορροπεί, η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτό είναι ίση με το μηδέν ($\Sigma \vec{F} = 0$). Τα βήματα που ακολουθούμε στην περίπτωση κατά την οποία το σημειακό φορτίο που ισορροπεί δέχεται δύο δυνάμεις από τα φορτία q_1 και q_2 που βρίσκονται στα σημεία A και B αντίστοιχα μιας ευθείας (ε) είναι:

1. Βρίσκουμε ποιο είναι το πιθανό σημείο ισορροπίας. Το σημείο αυτό θα βρίσκεται πάνω στην ευθεία (ε), γιατί σε οποιοδήποτε άλλο σημείο εκτός ευθείας και αν τοποθετηθεί το σημειακό φορτίο θα δέχεται μη συγγραμμικές δυνάμεις.

Για το σημείο ισορροπίας ισχύει:

☞ Αν τα φορτία q_1 και q_2 είναι ομώνυμα, το σημείο ισορροπίας θα βρίσκεται **ανάμεσα** στα σημεία A και B.

☞ Αν τα φορτία q_1 και q_2 είναι ετερόνυμα, το σημείο ισορροπίας θα βρίσκεται στις προεκτάσεις του ευθύγραμμου τμήματος AB.

2. Θέτουμε Σ το σημείο ισορροπίας, τοποθετώντας το πιο κοντά στο φορτίο που έχει κατ' απόλυτη τιμή τη μικρότερη τιμή φορτίου.

3. Σημειώνουμε στο σχήμα τις αποστάσεις του σημείου ισορροπίας από τα φορτία q_1 και q_2 .

4. Εφαρμόζουμε τη σχέση $\Sigma \vec{F} = 0$ αντικαθιστώντας τις δυνάμεις $\vec{F}_1$ και $\vec{F}_2$ από το νόμο του Coulomb.

Παράδειγμα 3. Δύο σημειακά ηλεκτρικά φορτία $q_1 = 1 \mu\text{C}$ και $q_2 = 16 \mu\text{C}$ βρίσκονται ακλόνητα στα σημεία A και B αντίστοιχα μιας ευθείας (ε), τα οποία απέχουν απόσταση $d = 15 \text{ cm}$.

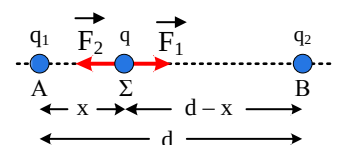
α. Να βρείτε σε ποιο σημείο θα πρέπει να τοποθετηθεί ένα σημειακό φορτίο q ώστε να ισορροπεί.

β. Να κάνετε το ίδιο στην περίπτωση που $q_1 = -1 \mu\text{C}$ και $q_2 = 16 \mu\text{C}$

Λύση

α. Επειδή τα φορτία q_1 και q_2 είναι ομώνυμα, το σημείο ισορροπίας Σ θα βρίσκεται πάνω στην ευθεία (ε) και ανάμεσα στα σημεία A και B. Μάλιστα το σημείο ισορροπίας Σ θα βρίσκεται πιο κοντά στο φορτίο q_1 .

Θέτουμε $A\Sigma = x$ την απόσταση του σημείου Σ από το σημείο A, οπότε η απόσταση BΣ θα είναι ίση με $B\Sigma = d - x$. Το φορτίο q , που τοποθετείται στο σημείο Σ, ισορροπεί.



Επομένως:

$$\Sigma \vec{F} = 0 \Rightarrow F_1 = F_2 \Rightarrow \frac{k|q_1q|}{x^2} = \frac{k|q_2q|}{(d-x)^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{x^2} = \frac{|q_2|}{(d-x)^2} \Rightarrow \frac{10^{-6}}{x^2} = \frac{16 \cdot 10^{-6}}{(d-x)^2} \Rightarrow (d-x)^2 = 16x^2$$

$$\Rightarrow d-x = 4x \Rightarrow d = 5x \Rightarrow \mathbf{x = 3\text{ cm}}$$

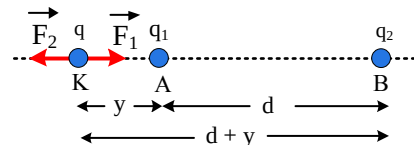
Δηλαδή το σημείο ισορροπίας απέχει 3 cm από το σημείο A.

β. Τώρα έχουμε ετερόσημα φορτία άρα το σημείο ισορροπίας θα βρίσκεται πάνω στην ευθεία που ενώνει τα φορτία q_1 και q_2 αλλά εκτός αυτών. Έστω K το σημείο ισορροπίας του φορτίου q , το οποίο θα βρίσκεται προς την μεριά του απολύτως μικρότερου φορτίου δηλαδή προς το q_1 . Επομένως:

$$\Sigma \vec{F} = 0 \Rightarrow F_1 = F_2 \Rightarrow \frac{k|q_1q|}{y^2} = \frac{k|q_2q|}{(d+y)^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{y^2} = \frac{|q_2|}{(d+y)^2} \Rightarrow \frac{10^{-6}}{y^2} = \frac{16 \cdot 10^{-6}}{(d+y)^2} \Rightarrow$$

$$(d+y)^2 = 16y^2 \Rightarrow d+y = 4y \Rightarrow d = 3y \Rightarrow \mathbf{y = 5\text{ cm}}$$

Δηλαδή το σημείο ισορροπίας απέχει 5 cm από το σημείο A.



Υπολογισμός της ηλεκτρικής δύναμης που ασκείται σε σημειακό φορτίο από δύο ή περισσότερα φορτία, όταν όλα τα φορτία δε βρίσκονται πάνω σε ευθεία.

Στην περίπτωση αυτή, οι δυνάμεις που ασκούνται στο φορτίο q δεν είναι συγγραμμικές.

1. Εφαρμόζουμε τα βήματα 1 - 3 της 2^{ης} μεθοδολογίας.

2. Υπολογίζουμε το μέτρο της συνισταμένης δύναμης που δέχεται το φορτίο q ως εξής:

☞ Αν οι δυνάμεις που ασκούνται στο φορτίο q είναι κάθετες, εφαρμόζουμε το πυθαγόρειο θεώρημα. Ισχύει:

$$\Sigma F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}.$$

☞ Αν οι δυνάμεις που ασκούνται στο φορτίο q σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία φ , εφαρμόζουμε τη σχέση:

$$\Sigma F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\varphi}$$

3. Βρίσκουμε την κατεύθυνση της δύναμης $\Sigma \vec{F}$ υπολογίζοντας την εφαπτομένη κάποιας γωνίας.

Παράδειγμα 4. Στις κορυφές B και Γ ενός ορθογώνιου τριγώνου ABΓ ($A = 90^\circ$) βρίσκονται ακλόνητα δύο σημειακά φορτία $q_1 = 4 \mu\text{C}$ και $q_2 = -3 \mu\text{C}$ αντίστοιχα. Τα μήκη των πλευρών του τριγώνου είναι AB = 2 cm και AG = 3 cm. Να υπολογίσετε την ολική δύναμη που ασκείται σε φορτίο $q = 1 \mu\text{C}$ που βρίσκεται τοποθετημένο στην κορυφή A του τριγώνου. Δίνεται: $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

Λύση

Η κατεύθυνση των δυνάμεων που ασκούνται στο φορτίο q από τα υπόλοιπα φορτία φαίνεται στο σχήμα.

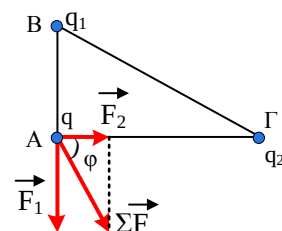
☞ Η δύναμη $\vec{F}_1$, που ασκείται στο φορτίο q από το φορτίο q_1 , είναι απωστική. Το μέτρο

$$\text{της είναι: } F_1 = \frac{k|q_1q|}{(AB)^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow F_1 = 9 \cdot 10 \text{ N} \Rightarrow F_1 = 90 \text{ N}$$

☞ Η δύναμη $\vec{F}_2$, που ασκείται στο φορτίο q από το φορτίο q_2 , είναι ελκτική. Το μέτρο

$$\text{της είναι: } F_2 = \frac{k|q_2q|}{(AG)^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 10^{-6}}{9 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow F_2 = 3 \cdot 10 \text{ N} \Rightarrow F_2 = 30 \text{ N}$$

Οι δυνάμεις $\vec{F}_1$ και $\vec{F}_2$ είναι κάθετες. Το μέτρο της συνισταμένης δύναμης $\Sigma \vec{F}$, που ασκείται στο φορτίο q , υπολογίζεται από το πυθαγόρειο θεώρημα.



$$\text{Είναι: } \Sigma F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} \Rightarrow \Sigma F = \sqrt{90^2 + 30^2} \Rightarrow \Sigma F = \sqrt{30^2(3^2 + 1^2)} \Rightarrow \Sigma F = 30\sqrt{10} \text{ N}$$

$$\text{Η δύναμη } \vec{\Sigma F} \text{ σχηματίζει γωνία } \varphi \text{ με τη δύναμη } \vec{F}_2 \text{ τέτοια ώστε: } \varepsilon\varphi\varphi = \frac{F_1}{F_2} \Rightarrow \varepsilon\varphi\varphi = \frac{90}{30} \Rightarrow \varepsilon\varphi\varphi = 3$$

Παράδειγμα 5. Στις διαδοχικές κορυφές Α, Β και Γ ενός τετραγώνου πλευράς $a = 1 \text{ m}$ έχουν τοποθετηθεί τα σημειακά φορτία $q_1 = -3 \mu\text{C}$, $q_2 = 2\sqrt{2} \mu\text{C}$ και $q_3 = -3 \mu\text{C}$ αντίστοιχα. Να υπολογίσετε την ολική δύναμη που ασκείται σε φορτίο $q = +1 \mu\text{C}$ που βρίσκεται τοποθετημένο στην κορυφή Δ του τετραγώνου. Δίνεται: $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

Λύση

Η κατεύθυνση των δυνάμεων που ασκούνται στο φορτίο q από τα υπόλοιπα φορτία φαίνεται στο σχήμα.

☞ Η δύναμη $\vec{F}_1$, που ασκείται στο φορτίο q από το φορτίο q_1 είναι ελκτική. Το μέτρο της είναι:

$$F_1 = \frac{k|q_1q|}{a^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 10^{-6}}{1} \Rightarrow F_1 = 27 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

☞ Η δύναμη $\vec{F}_2$, που ασκείται στο φορτίο q από το φορτίο q_2 , είναι απωστική. Η απόσταση r υπολογίζεται εφαρμόζοντας το πυθαγόρειο θεώρημα. Είναι:

$$\alpha^2 + \alpha^2 = r^2 \Rightarrow r^2 = 2\alpha^2 \Rightarrow r = \sqrt{2}\alpha \Rightarrow r = \sqrt{2} \text{ m}$$

Το μέτρο της δύναμης $\vec{F}_2$ είναι:

$$F_2 = \frac{k|q_2q|}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2\sqrt{2} \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 10^{-6}}{2} \Rightarrow F_2 = 9\sqrt{2} \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

☞ Η δύναμη $\vec{F}_3$, που ασκείται στο φορτίο q από το φορτίο q_3 , είναι ελκτική. Το

$$\text{μέτρο της είναι: } F_3 = \frac{k|q_3q|}{a^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 10^{-6}}{1} \Rightarrow F_3 = 13,5 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

Επιλέγουμε στη συνέχεια τους δύο κάθετους άξονες που φαίνονται στο σχήμα και αναλύουμε τη δύναμη $\vec{F}_2$ στις συνιστώσες $\vec{F}_{2x}$ και $\vec{F}_{2y}$.

Είναι:

$$F_{2x} = F_2 \sin 45^\circ \Rightarrow F_{2x} = 9\sqrt{2} \cdot 10^{-3} \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow F_{2x} = 9 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

$$F_{2y} = F_2 \cos 45^\circ \Rightarrow F_{2y} = 9\sqrt{2} \cdot 10^{-3} \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow F_{2y} = 9 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

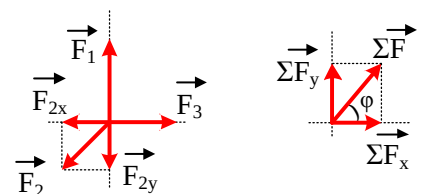
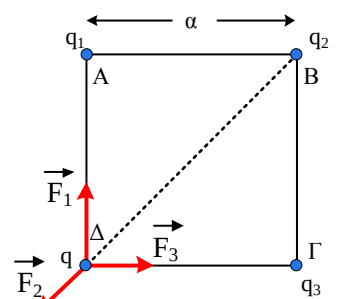
Η συνισταμένη δύναμη $\Sigma \vec{F}_x$ στον άξονα x έχει κατεύθυνση που φαίνεται στο σχήμα και μέτρο:

$$\Sigma F_x = F_3 - F_{2x} = 13,5 \cdot 10^{-3} - 9 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \Sigma F_x = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

Η συνισταμένη δύναμη $\Sigma \vec{F}_y$ στον άξονα y έχει κατεύθυνση που φαίνεται στο σχήμα και μέτρο:

$$\Sigma F_y = F_1 - F_{2y} = 13,5 \cdot 10^{-3} - 9 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \Sigma F_y = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

Οι δυνάμεις $\Sigma \vec{F}_x$ και $\Sigma \vec{F}_y$ είναι κάθετες. Το μέτρο της συνισταμένης δύναμης $\Sigma \vec{F}$, που ασκείται στο φορτίο q , υπολογίζεται από το πυθαγόρειο θεώρημα. Είναι:



$$\Sigma F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \Rightarrow \Sigma F = \sqrt{(4,5 \cdot 10^{-3})^2 + (4,5 \cdot 10^{-3})^2} \Rightarrow \Sigma F = \sqrt{2(4,5 \cdot 10^{-3})^2} \Rightarrow \Sigma F = 4,5\sqrt{2} \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

Η δύναμη ΣF σχηματίζει γωνία φ με τη δύναμη ΣF_x τέτοια ώστε: $\varepsilon\varphi\varphi = \frac{\Sigma F_y}{\Sigma F_x} = \frac{4,5 \cdot 10^{-3}}{4,5 \cdot 10^{-3}} = 1 \Rightarrow \varphi = 45^\circ$

Μελέτη ισορροπίας ηλεκτρισμένων σωμάτων, όταν ενεργούν και άλλες δυνάμεις εκτός από την ηλεκτρική.

Όταν μελετάμε την ισορροπία ηλεκτρισμένων σωμάτων, τα βήματα που ακολουθούμε είναι:

1. Κατασκευάζουμε κατάλληλο σχήμα όπου σημειώνουμε όλες τις δυνάμεις που ασκούνται.
2. Επιλέγουμε δύο κάθετους άξονες και αναλύουμε όποιες δυνάμεις χρειάζεται.
3. Εφαρμόζουμε τη συνθήκη ισορροπίας για κάθε άξονα χωριστά. Ισχύει: $\Sigma \vec{F}_x = 0$ και $\Sigma \vec{F}_y = 0$.
4. Από την εφαρμογή των παραπάνω σχέσεων προσδιορίζουμε όλα τα ζητούμενα.

Παράδειγμα 6. Δύο ίσες μικρές σφαίρες, μάζας $m = 30\sqrt{3} \text{ g}$ η καθεμία, κρέμονται από το ίδιο σημείο με δύο λεπτά μονωτικά νήματα μήκους ℓ . Φορτίζουμε τις δύο σφαίρες με το ίδιο φορτίο $q = 2 \mu\text{C}$, οπότε παρατηρούμε ότι οι δύο σφαίρες ισορροπούν όταν τα νήματα σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 120° . Να βρείτε την απόσταση που ισορροπούν οι δύο μικρές σφαίρες και το μήκος ℓ του κάθε νήματος. Δίνονται: $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ και $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Λύση

Οι δυνάμεις που ασκούνται σε κάθε σφαίρα είναι το βάρος της $\vec{w}$, η τάση του νήματος $\vec{T}$ και η απωστική δύναμη Coulomb $\vec{F}$.

Επιλέγουμε τους δύο κάθετους άξονες που φαίνονται στο σχήμα και αναλύουμε την τάση του νήματος $\vec{T}$ στις συνιστώσες $\vec{T}_x$ και $\vec{T}_y$. Είναι:

$$T_x = T \sin 30^\circ \text{ και } T_y = T \cos 30^\circ,$$

Αφού η σφαίρα ισορροπεί, για κάθε άξονα θα ισχύει:

$$\left. \begin{aligned} \Sigma \vec{F}_y = 0 &\Rightarrow w = T_y \Rightarrow w = T \cos 30^\circ \\ \Sigma \vec{F}_x = 0 &\Rightarrow F = T_x \Rightarrow F = T \sin 30^\circ \end{aligned} \right\} \xrightarrow[\text{κατά μέλη}]{\text{Διαιρώ}} \frac{w}{F} = \varepsilon\varphi 30^\circ \Rightarrow F = \frac{w}{\varepsilon\varphi 30^\circ} \Rightarrow F = \frac{mg}{\varepsilon\varphi 30^\circ} \Rightarrow F = \frac{30\sqrt{3} \cdot 10^{-3} \cdot 10}{\frac{\sqrt{3}}{3}}$$

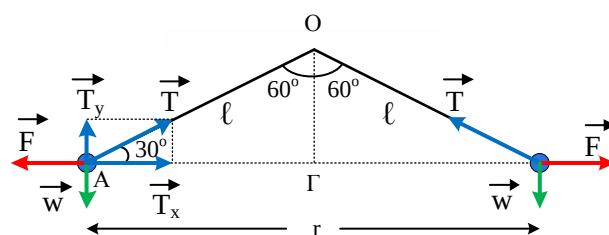
$$\Rightarrow \mathbf{F = 0,9 \text{ N}}$$

Το μέτρο της δύναμης Coulomb F είναι $F = \frac{k|qq|}{r^2}$. Άρα η απόσταση r στην οποία βρίσκονται οι δύο φορτισμένες σφαίρες είναι:

$$F = \frac{k|qq|}{r^2} \Rightarrow r = \sqrt{\frac{kq^2}{F}} \Rightarrow r = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-12}}{0,9}} \Rightarrow r = \sqrt{40 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow r = \sqrt{4 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow r = 2 \cdot 10^{-1} \text{ m}$$

Το μήκος ℓ του νήματος υπολογίζεται από το τρίγωνο ΟΑΓ. Είναι:

$$\eta\mu 60 = \frac{r}{\ell} \Rightarrow \ell = \frac{r}{2\eta\mu 60} \Rightarrow \ell = \frac{0,2}{2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} \Rightarrow \ell = \frac{0,2\sqrt{3}}{\sqrt{3}} \mathbf{m}$$



ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

Πεδίο, ονομάζεται μια περιοχή του χώρου, όπου σε κάθε σημείο της ένα ορισμένο φυσικό μέγεθος παίρνει καθορισμένη τιμή.

Ηλεκτρικό πεδίο

Ηλεκτρικό πεδίο ονομάζεται ο χώρος, που σε κάθε σημείο αν φέρουμε ένα ηλεκτρικό φορτίο, θα ασκηθεί πάνω του ηλεκτροστατική δύναμη.

Το φορτίο που δημιουργεί το πεδίο ονομάζεται «πηγή», ενώ το φορτίο που ανιχνεύουμε το πεδίο ονομάζεται «υπόθεμα».

Το υπόθεμα στο ηλεκτρικό πεδίο είναι το **θετικό φορτίο (+q)**.

Χαρακτηριστικά μεγέθη Ηλεκτρικού πεδίου

Η ένταση $\vec{E}$

Έστω ένα ακίνητο φορτίο +Q και φορτίο +q σε σημείο A. Γύρω από το φορτίο +Q δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο. Η ένταση του πεδίου στο σημείο A, που δημιουργείται το φορτίο +Q, ορίζεται ως εξής:

Ένταση, σε ένα σημείο ηλεκτρικού πεδίου, ονομάζεται το φυσικό διανυσματικό μέγεθος, που έχει σημείο εφαρμογής το σημείο που τοποθετούμε το δοκιμαστικό ηλεκτρικό φορτίο +q (υπόθεμα), φορά, τη φορά της ηλεκτροστατικής δύναμης και μέτρο, το πηλίκο της δύναμης, που ασκείται στο φορτίο +q

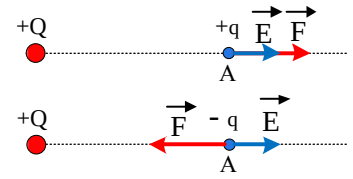
προς το φορτίο αυτό. Δηλαδή: $E = \frac{F}{q}$

Ηλεκτροστατικό πεδίο Coulomb

Ηλεκτροστατικό πεδίο Coulomb ονομάζουμε το πεδίο που δημιουργείται από ένα ακίνητο σημειακό φορτίο Q.

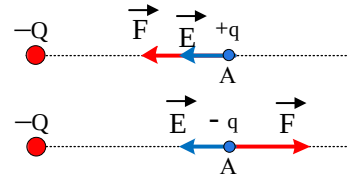
Ένταση ηλεκτρικού (ηλεκτροστατικού) πεδίου

Από τη μελέτη της έντασης προκύπτει ότι κάθε σημείο του ηλεκτρικού πεδίου έχει μια χαρακτηριστική ιδιότητα, δηλαδή το πηλίκο της δύναμης που ασκείται στο υπόθεμα προς το φορτίο του υποθέματος, είναι **σταθερό**, ανεξάρτητο του χρόνου (στατικό) και ανεξάρτητο του υποθέματος $+q$. Εξαρτάται μόνο από την πηγή και την θέση.



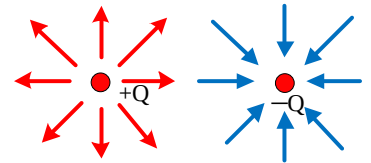
Παρατηρήσεις:

1. Η ένταση περιγράφει δυναμικά το πεδίο, αφού αν γνωρίζουμε την ένταση σε ένα σημείο του πεδίου και το υπόθεμα, μπορούμε να υπολογίσουμε το μέτρο της δύναμης που δέχεται, αυτό από τη σχέση $\mathbf{F} = q \cdot \mathbf{E}$.



2. Η ένταση ξεκινάει από θετικές πηγές και καταλήγει σε αρνητικές πηγές

3. Η ένταση αναφέρεται σε σημείο και όχι σε φορτίο ο δε σχεδιασμός της γίνεται με ένα βέλος που ξεκινά από το συγκεκριμένο σημείο με κατεύθυνση της αιχμής αντίθετα από το φορτίο αν το φορτίο-πηγή είναι θετικό ενώ θα έχει κατεύθυνση προς το φορτίο-πηγή αν αυτό είναι αρνητικό



Υπολογισμός της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου σημειακού φορτίου

Η ένταση μπορεί να εκφραστεί σε συνάρτηση με την απόσταση από την πηγή. Αν το σημείο A απέχει από το

φορτίο $+Q$ απόσταση r , τότε το φορτίο $+q$ δέχεται δύναμη μέτρου: $F = \frac{k|qQ|}{r^2}$ (1),

αλλά $E = \frac{F}{q}$ (2), οπότε η (2) λόγω (1): $E = \frac{k|Q|}{r^2}$ (3)

Παρατήρηση: Η σχέση (2) **είναι πιο γενική** από τη σχέση (3) γιατί ορίζεται **για κάθε πεδίο** ανομοιογενές-ομογενές ενώ η σχέση (3) **ισχύει μόνο για σημειακά φορτία-πηγές**

Ένταση Ηλεκτρικού πεδίου σημειακού φορτίου σε συνάρτηση της απόστασης

Από την τελευταία σχέση προκύπτει ότι η ένταση εξαρτάται:

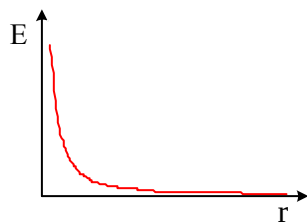
1. Από το φορτίο, που δημιουργεί το πεδίο

2. Από την **απόσταση** του σημείου από την πηγή. Για $r \rightarrow \infty$ το $E \rightarrow 0$

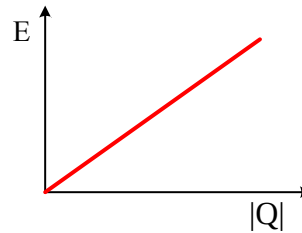
3. Η μορφή της $E = f(r)$ είναι όμοια με αυτή της δύναμης $F = f(r)$.

Μονάδα έντασης στο S.I. είναι: το 1 N/C, και μία ισοδύναμη το 1 V/m.

Γραφικές παραστάσεις της έντασης σε σχέση με την απόσταση και του μέτρου του φορτίου.



Ένταση - απόσταση



Ένταση – απόλυτη τιμή φορτίο

Δυναμικές γραμμές

Ηλεκτρική δυναμική γραμμή ενός ηλεκτρικού πεδίου, ορίζεται η νοητή γραμμή της οποίας η εφαπτομένη σε κάθε σημείο, συμπίπτει με την ένταση του πεδίου στο αντίστοιχο σημείο.

Ιδιότητες των δυναμικών γραμμών

Οι δυναμικές γραμμές έχουν τις παρακάτω ιδιότητες:

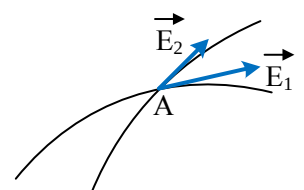
1. Είτε απομακρύνονται από τα θετικά φορτία και κατευθύνονται προς τα αρνητικά, είτε κατευθύνονται προς το άπειρο, επομένως είναι ανοικτές.
2. Η ένταση του πεδίου έχει μεγαλύτερο μέτρο στις περιοχές του χώρου, όπου είναι πιο πυκνές.
3. Δεν τέμνονται.

Παρατήρηση: Αν οι δυναμικές γραμμές είναι **παράλληλες και ισαπέχουν**, τότε το πεδίο είναι ομογενές, διαφορετικά **ανομοιογενές**.

Για ποιο λόγο οι δυναμικές γραμμές δεν τέμνονται.

Έστω ότι δύο δυναμικές γραμμές τέμνονται, όπως φαίνεται στο σχήμα, στο σημείο Α.

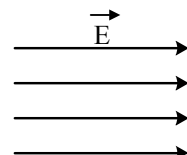
Τότε στο σημείο Α θα υπάρχει μία ένταση $\vec{E}_1$ που θα εφάπτεται στην πρώτη δυναμική



γραμμή και μία ένταση $\vec{E}_2$ που θα εφάπτεται στη δεύτερη δυναμική γραμμή. Αυτό όμως δεν μπορεί να συμβαίνει, γιατί σε ένα σημείο ενός ηλεκτρικού πεδίου ορίζεται μία ένταση. Επομένως είναι αδύνατον δύο δυναμικές γραμμές να τέμνονται.

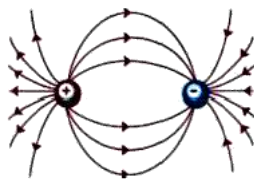
Ομογενές ηλεκτρικό πεδίο.

Ομογενές ηλεκτρικό πεδίο ονομάζουμε το πεδίο όπου η ένταση είναι σταθερή (μέτρο και κατεύθυνση). Για να συμβεί αυτό θα πρέπει οι δυναμικές γραμμές να είναι παράλληλες και ισαπέχουσες όπως είπαμε πιο πάνω. Ένα τέτοιο πεδίο απεικονίζεται στο διπλανό σχήμα.

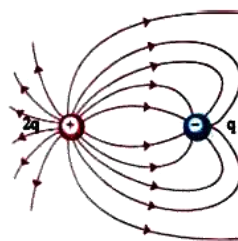


Ανομοιογενές ηλεκτρικό πεδίο με δύο ομώνυμα και δύο ετερόνυμα φορτία.

Τα δύο είδη πεδίων φαίνονται στα παρακάτω σχήματα.



Δύο ίσα κατ' απόλυτη τιμή ετερόνυμα φορτία



Δύο άνισα κατ' απόλυτη τιμή ετερόνυμα φορτία

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΥΣΗ ΤΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Υπολογισμός της έντασης σε ένα σημείο ενός ηλεκτρικού πεδίου.

ΑΠΛΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΣΧΕΣΗΣ $E = k \frac{|Q|}{r^2}$

Όταν εφαρμόζουμε τη σχέση $E = k \frac{|Q|}{r^2}$, πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη:

1. Το φορτίο Q το αντικαθιστούμε αφού το μετατρέψουμε σε C .
2. Η απόσταση r αντικαθίσταται αφού μετατραπεί σε m .
3. Προσοχή! Το είδος του ηλεκτρικού φορτίου Q δεν επηρεάζει το αποτέλεσμα για το μέτρο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου σε ένα σημείο του αλλά μόνο για την κατεύθυνση της έντασης στο σημείο αυτό. Για να βρούμε την κατεύθυνση της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο που μας ενδιαφέρει, φέρνουμε υποθετικά στη θέση αυτή ένα φορτίο $+q$ και σχεδιάζουμε τη δύναμη που θα του ασκούνταν από το φορτίο Q . Η κατεύθυνση της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο αυτό θα είναι ίδια με την κατεύθυνση της δύναμης που ασκείται στο υποθετικό φορτίο $+q$ που φέραμε στο σημείο αυτό.

Σημαντικό! Αν γνωρίζετε την ένταση σε ένα σημείο ενός ηλεκτρικού πεδίου, μπορούμε χρησιμοποιώντας

τη σχέση $E = \frac{F}{|q|}$ να υπολογίσετε εύκολα το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης F που δέχεται ένα σημειακό

φορτίο q το οποίο τοποθετείται στο σημείο αυτό. Θα είναι: $F = E|q|$

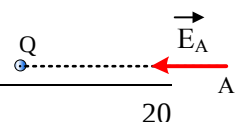
Παράδειγμα 7. Ένα ακίνητο σημειακό φορτίο $Q = -5 \mu C$ δημιουργεί γύρω του ηλεκτρικό πεδίο. Να υπολογίσετε:

- α. Την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου σε σημείο A που απέχει απόσταση 50 cm από το φορτίο Q .
- β. Σε πόση απόσταση από το φορτίο Q η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου έχει μέτρο $0,2 \cdot 10^5 \text{ N/C}$.
- γ. Πόση δύναμη δέχεται ένα φορτίο $q = -1 \mu C$ όταν τοποθετηθεί στο σημείο A ;

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

Λύση

- α. Αρχικά μετατρέπουμε όλες τις μονάδες στο S.I. Είναι:



$$Q = -5 \mu\text{C} = -5 \cdot 10^{-6} \text{ C} \quad \text{και} \quad r = 50 \text{ cm} = 50 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 5 \cdot 10^{-1} \text{ m}.$$

Το μέτρο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο Α είναι:

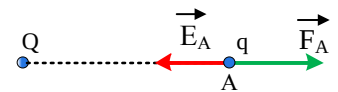
$$E_A = \frac{k|Q|}{r^2} \Rightarrow E_A = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{25 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \mathbf{E_A = 1,8 \cdot 10^5 \text{ N/C}}$$

β. Η απόσταση r_2 του σημείου Β από το φορτίο Q, στο οποίο το μέτρο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου είναι $E_B = 0,2 \cdot 10^5 \text{ N/C}$, είναι:

$$E_B = \frac{k|Q|}{r_2^2} \Rightarrow r_2 = \sqrt{\frac{k|Q|}{E_B}} \Rightarrow r_2 = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{0,2 \cdot 10^5}} \Rightarrow r_2 = \sqrt{225 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \mathbf{r_2 = 15 \cdot 10^{-1} \text{ m} = 1,5 \text{ m}.$$

γ. Η δύναμη που δέχεται το φορτίο $q = -1 \mu\text{C} = -2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ που τοποθετείται στο σημείο Α είναι απωστική. Το μέτρο της είναι:

$$E_A = \frac{F_A}{|q|} \Rightarrow F_A = E_A \cdot |q| \Rightarrow F_A = 1,8 \cdot 10^5 \cdot 1 \cdot 10^{-6} \Rightarrow \mathbf{F_A = 0,18 \text{ N}}$$



ΕΥΡΕΣΗ ΕΝΤΑΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΣΕ ΣΗΜΕΙΟ ΜΙΑΣ ΕΥΘΕΙΑΣ, ΟΤΑΝ ΤΟ ΠΕΔΙΟ ΔΗΜΙΟΥΡΓΕΙΤΑΙ ΑΠΟ ΔΥΟ Ή ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ ΦΟΡΤΙΑ ΤΑ ΟΠΟΙΑ ΒΡΙΣΚΟΝΤΑΙ ΠΑΝΩ ΣΤΗΝ ΙΔΙΑ ΕΥΘΕΙΑ.

Τα βήματα που ακολουθούμε είναι:

- 1.** Φτιάχνουμε το σχήμα προσεκτικά σημειώνοντας τις αποστάσεις ανάμεσα στο σημείο στο οποίο θέλουμε να υπολογίσουμε την ένταση του πεδίου και στα υπόλοιπα φορτία.
- 2.** Σχεδιάζουμε στο σημείο αυτό, τα διανύσματα των εντάσεων που οφείλονται στα υπόλοιπα φορτία όπου σημείο εφαρμογής κάθε διανύσματος θα είναι το σημείο αυτό, διεύθυνση η ευθεία που ενώνει το σημείο με το φορτίο πηγή και κατεύθυνση προς το φορτίο πηγή αν αυτό είναι αρνητικό και αντίθετη από κει που βρίσκεται το φορτίο πηγή αν αυτό είναι θετικό.
- 3.** Υπολογίζουμε το μέτρο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργεί κάθε φορτίο στο σημείο που

μας ενδιαφέρει, εφαρμόζοντας, όσες φορές χρειαστεί, τη σχέση: $E = \frac{k|Q|}{r^2}$

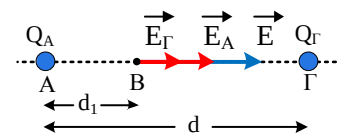
4. Οι εντάσεις στο σημείο που μας ενδιαφέρει θα είναι συγγραμμικές. Ανάλογα με την κατεύθυνση των εντάσεων, προσθέτουμε ή αφαιρούμε για να βρούμε το μέτρο της συνολικής έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο αυτό.

5. Δείχνουμε στο σχήμα την κατεύθυνση της έντασης στο σημείο που μας ενδιαφέρει.

Παράδειγμα 8. Στο σημείο A βρίσκεται στερεωμένο ένα σωματίδιο με φορτίο $Q_A = 2 \mu\text{C}$. Σε σημείο Γ είναι στερεωμένο ένα άλλο σωματίδιο με φορτίο $Q_\Gamma = -8 \mu\text{C}$. Η απόσταση μεταξύ των σωματιδίων είναι $(A\Gamma) = d = 5 \text{ cm}$. Να υπολογίσετε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο B του ευθύγραμμου τμήματος (AΓ) που απέχει από το A απόσταση $(AB) = d_1 = 1 \text{ cm}$. Δίνεται: $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

Λύση

Η κατεύθυνση των εντάσεων $\vec{E}_A$ και $\vec{E}_\Gamma$ στο σημείο B, που οφείλονται στα φορτία Q_A και Q_Γ , φαίνεται στο σχήμα.



Το μέτρο της έντασης $\vec{E}_A$ στο σημείο B, που οφείλεται στο φορτίο Q_A , είναι:

$$E_A = \frac{k |Q_A|}{d_1^2} \Rightarrow E_A = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{10^{-4}} \Rightarrow \mathbf{E_A = 18 \cdot 10^7 \text{ N/C.}}$$

Το μέτρο της έντασης $\vec{E}_\Gamma$ στο σημείο B, που οφείλεται στο φορτίο Q_Γ , είναι:

$$E_\Gamma = \frac{k |Q_\Gamma|}{(d - d_1)^2} \Rightarrow E_\Gamma = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 8 \cdot 10^{-6}}{16 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow \mathbf{E_\Gamma = 4,5 \cdot 10^7 \text{ N/C.}}$$

Οι εντάσεις $\vec{E}_A$ και $\vec{E}_\Gamma$ είναι ομόρροπες. Η ένταση $\vec{E}$ του συνολικού ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο B έχει κατεύθυνση την κατεύθυνση της έντασης $\vec{E}_A$ (ή $\vec{E}_\Gamma$) και μέτρο:

$$E = E_A + E_\Gamma = (18 \cdot 10^7 + 4,5 \cdot 10^7) \text{ N/C} \Rightarrow \mathbf{E = 22,5 \cdot 10^7 \text{ N/C.}}$$

ΕΥΡΕΣΗ ΣΗΜΕΙΟΥ ΜΗΔΕΝΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

Όταν η ένταση σε ένα σημείο ενός ηλεκτρικού πεδίου είναι μηδέν, τότε στο σημείο αυτό ισχύει $\Sigma \vec{E} = 0$. Τα βήματα που ακολουθούμε στην περίπτωση κατά την οποία θέλουμε να βρούμε το σημείο μηδενισμού της

έντασης του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται από δύο σημειακά φορτία Q_1 και Q_2 τα οποία βρίσκονται στις θέσεις A και B μιας ευθείας (ϵ) αντίστοιχα είναι:

1. Βρίσκουμε ποιο είναι το πιθανό σημείο μηδενισμού της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου. Το σημείο αυτό θα βρίσκεται πάνω στην ευθεία (ϵ), γιατί σε οποιοδήποτε άλλο σημείο εκτός ευθείας οι εντάσεις που οφείλονται στα φορτία Q_1 και Q_2 είναι μη συγγραμμικές. Για το σημείο μηδενισμού της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου ισχύει:

i. Αν τα φορτία Q_1 και Q_2 είναι ομώνυμα, το σημείο μηδενισμού της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου θα βρίσκεται ανάμεσα στα σημεία A και B και προς την μεριά του απολύτως μικρότερου.

ii. Αν τα φορτία Q_1 και Q_2 είναι ετερόνυμα, το σημείο μηδενισμού της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου θα βρίσκεται στις προεκτάσεις του ευθύγραμμου τμήματος AB και προς την μεριά του απολύτως μικρότερου.

2. Σημειώνουμε στο σχήμα τις αποστάσεις του σημείου μηδενισμού της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου από τα φορτία Q_1 και Q_2 .

3. Εφαρμόζουμε τη σχέση $\Sigma \vec{E} = 0$ αντικαθιστώντας τις εντάσεις $\vec{E}_1$ και $\vec{E}_2$, που οφείλονται στα φορτία Q_1

και Q_2 αντίστοιχα, από τη σχέση $E = \frac{k|Q|}{r^2}$.

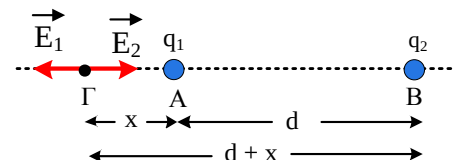
Παράδειγμα 9. Στα σημεία A και B μιας ευθείας (ϵ) βρίσκονται ακίνητα δύο σημειακά φορτία $Q_1 = 2 \mu\text{C}$ και $Q_2 = -8 \mu\text{C}$ αντίστοιχα. Αν η απόσταση AB των σημείων A και B είναι ίση με $d = 24 \text{ cm}$.

α. να βρείτε σε ποιο σημείο η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου είναι μηδέν.

β. να βρείτε σε ποιο σημείο η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου είναι μηδέν αν τα δύο φορτία ήταν $Q_1 = 2 \mu\text{C}$ και $Q_2 = 8 \mu\text{C}$.

Λύση

α. Επειδή τα φορτία Q_1 και Q_2 είναι ετερόνυμα, το σημείο μηδενισμού Γ της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου θα βρίσκεται στις προεκτάσεις του ευθύγραμμου τμήματος AB. Το σημείο Γ θα βρίσκεται πιο κοντά στο φορτίο Q_1 αφού είναι το απολύτως μικρότερο.



Θέτουμε $(ΑΓ) = x$ την απόσταση του σημείου Γ από το σημείο Α, οπότε η απόσταση $(ΒΓ)$ θα είναι ίση με $(ΒΓ) = d + x$.

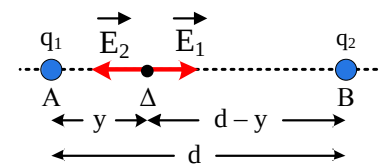
Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο Γ είναι μηδέν. Επομένως:

$$\Sigma \vec{E} = 0 \Rightarrow E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{k|Q_1|}{x^2} = \frac{k|Q_2|}{(d+x)^2} \Rightarrow \frac{2 \cdot 10^{-6}}{x^2} = \frac{8 \cdot 10^{-6}}{(d+x)^2} \Rightarrow (d+x)^2 = 4x^2 \Rightarrow d+x = 2x \Rightarrow x = d \Rightarrow$$

$$x = 24 \text{ cm}$$

Δηλαδή το σημείο μηδενισμού της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου απέχει 24 cm από το σημείο Α.

β. Επειδή τα φορτία Q_1 και Q_2 είναι ομώνυμα, το σημείο μηδενισμού Δ της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου θα βρίσκεται στις προεκτάσεις του ευθύγραμμου τμήματος ΑΒ. Το σημείο Δ θα βρίσκεται πιο κοντά στο φορτίο Q_1 αφού είναι το απολύτως μικρότερο.



Θέτουμε $(ΑΔ) = y$ την απόσταση του σημείου Δ από το σημείο Α, οπότε η απόσταση $(ΒΔ)$ θα είναι ίση με $(ΒΔ) = d - y$.

Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο Δ είναι μηδέν. Επομένως:

$$\Sigma \vec{E} = 0 \Rightarrow E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{k|Q_1|}{y^2} = \frac{k|Q_2|}{(d-y)^2} \Rightarrow \frac{2 \cdot 10^{-6}}{y^2} = \frac{8 \cdot 10^{-6}}{(d-y)^2} \Rightarrow (d-y)^2 = 4y^2 \Rightarrow d-y = 2y \Rightarrow y = \frac{d}{3} \Rightarrow$$

$$y = 8 \text{ cm.}$$

Δηλαδή το σημείο μηδενισμού της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου απέχει 8 cm από το σημείο Α και 16 cm από το Β.

ΕΥΡΕΣΗ ΕΝΤΑΣΗΣ ΣΕ ΣΗΜΕΙΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΕΤΑΙ ΣΕ ΔΥΟ ΦΟΡΤΙΑ, ΟΤΑΝ ΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΔΕ ΒΡΙΣΚΕΤΑΙ ΠΑΝΩ ΣΤΗΝ ΕΥΘΕΙΑ ΠΟΥ ΕΝΩΝΕΙ ΤΑ ΦΟΡΤΙΑ.

Στην περίπτωση αυτή, οι εντάσεις που δημιουργούνται από τα φορτία στο σημείο που μας ενδιαφέρει δεν είναι συγγραμμικές.

1. Φτιάχνουμε το σχήμα προσεκτικά σημειώνοντας τις αποστάσεις ανάμεσα στο σημείο στο οποίο θέλουμε να υπολογίσουμε την ένταση του πεδίου και στα υπόλοιπα φορτία.

2. Σχεδιάζουμε στο σημείο αυτό, τα διανύσματα των εντάσεων που οφείλονται στα υπόλοιπα φορτία όπου σημείο εφαρμογής κάθε διανύσματος θα είναι το σημείο αυτό, διεύθυνση η ευθεία που ενώνει το σημείο με το φορτίο πηγή και κατεύθυνση προς το φορτίο πηγή αν αυτό είναι αρνητικό και αντίθετη από κει που βρίσκεται το φορτίο πηγή αν αυτό είναι θετικό.

3. Υπολογίζουμε το μέτρο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργεί κάθε φορτίο στο σημείο που μας ενδιαφέρει, εφαρμόζοντας, όσες φορές χρειαστεί, τη σχέση: $E = \frac{k|Q|}{r^2}$

4. Υπολογίζουμε το μέτρο της ολικής έντασης στο σημείο που μας ενδιαφέρει ως εξής:

i. Αν οι εντάσεις στο σημείο που μας ενδιαφέρει είναι κάθετες, εφαρμόζουμε το πυθαγόρειο θεώρημα.

ii. Αν οι εντάσεις στο σημείο που μας ενδιαφέρει σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία φ , εφαρμόζουμε τη σχέση:

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2 \cdot E_1 \cdot E_2 \cdot \cos \varphi}$$

5. Βρίσκουμε την κατεύθυνση της έντασης $\vec{E}$ υπολογίζοντας την εφαπτομένη κάποιας γωνίας. Αν όμως μας ζητάνε μόνο το μέτρο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου, ο υπολογισμός της κατεύθυνσης της έντασης δε χρειάζεται να γίνει.

Παράδειγμα 10. Στις κορυφές A και B ενός ισόπλευρου τριγώνου ABΓ πλευράς $a = 30 \text{ cm}$ βρίσκονται τα σημειακά φορτία $Q_1 = 2 \text{ } \mu\text{C}$ και $Q_2 = 3 \text{ } \mu\text{C}$ αντίστοιχα. Να υπολογίσετε το μέτρο της έντασης του συνολικού ηλεκτρικού πεδίου στην κορυφή Γ του τριγώνου. Δίνεται: $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

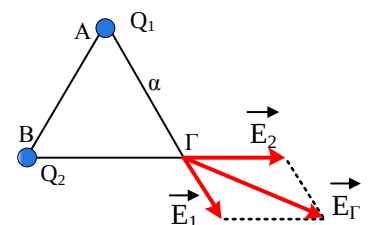
Λύση

Οι κατευθύνσεις των εντάσεων που δημιουργούνται από τα φορτία Q_1 και Q_2 στο σημείο Γ φαίνονται στο σχήμα.

Το μέτρο της έντασης $\vec{E}_1$ στο σημείο Γ, που οφείλεται στο φορτίο Q_1 , είναι:

$$E_1 = \frac{k|Q_1|}{a^2} \Rightarrow E_1 = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{9 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow \mathbf{E_1 = 2 \cdot 10^7 \text{ N/C.}}$$

Το μέτρο της έντασης $\vec{E}_2$ στο σημείο Γ, που οφείλεται στο φορτίο Q_2 , είναι:



$$E_2 = \frac{k|Q_2|}{\alpha^2} \Rightarrow E_2 = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{9 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow \mathbf{E_2 = 3 \cdot 10^7 \text{ N/C.}}$$

Οι εντάσεις $\vec{E}_1$ και $\vec{E}_2$ σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία $\varphi = 60^\circ$. Επομένως το μέτρο της έντασης $\vec{E}$ του συνολικού ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο Γ θα είναι:

$$E_\Gamma = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2 \cdot E_1 \cdot E_2 \cdot \cos \varphi} \Rightarrow E_\Gamma = \sqrt{4 \cdot 10^{14} + 9 \cdot 10^{14} + 2 \cdot 2 \cdot 10^7 \cdot 3 \cdot 10^7 \cdot \cos 60} \Rightarrow \mathbf{E_\Gamma = \sqrt{19} \cdot 10^7 \text{ N/C}}$$

Παράδειγμα 11. Στις τρεις κορυφές Α, Β και Γ ορθογωνίου ΑΒΓΔ είναι τοποθετημένα τα φορτία $Q_1 = 3$

μC , $Q_2 = \frac{500}{9} \mu\text{C}$ και $Q_3 = \frac{64}{9} \mu\text{C}$ αντίστοιχα. Οι πλευρές του ορθογωνίου είναι $AB = 4 \text{ cm}$ και $B\Gamma = 3$

cm . Να βρεθεί η ένταση του συνολικού ηλεκτρικού πεδίου στην κορυφή Δ του ορθογωνίου.

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

Λύση

Οι κατευθύνσεις των εντάσεων που δημιουργούνται από τα φορτία Q_1 , Q_2 και

Q_3 στο σημείο Δ που μας ενδιαφέρει φαίνονται στο σχήμα.

Η απόσταση ΒΔ υπολογίζεται από το πυθαγόρειο θεώρημα. Είναι:

$$B\Delta^2 = AB^2 + A\Delta^2 \Rightarrow B\Delta = 5 \text{ cm.}$$

Το μέτρο της έντασης $\vec{E}_1$ στο σημείο Δ, που οφείλεται στο φορτίο Q_1 , είναι:

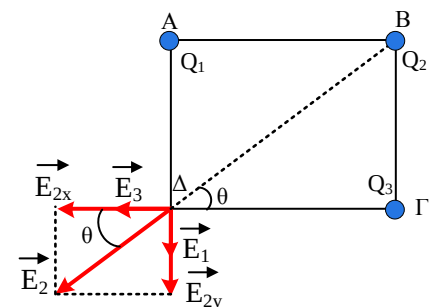
$$E_1 = \frac{k|Q_1|}{(A\Delta)^2} \Rightarrow E_1 = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{9 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow \mathbf{E_1 = 3 \cdot 10^7 \text{ N/C.}}$$

Το μέτρο της έντασης $\vec{E}_2$ στο σημείο Δ, που οφείλεται στο φορτίο Q_2 , είναι:

$$E_2 = \frac{k|Q_2|}{(B\Delta)^2} \Rightarrow E_2 = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot \frac{500}{9} \cdot 10^{-6}}{25 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow \mathbf{E_2 = 20 \cdot 10^7 \text{ N/C.}}$$

Το μέτρο της έντασης $\vec{E}_3$ στο σημείο Δ, που οφείλεται στο φορτίο Q_3 , είναι:

$$E_3 = \frac{k|Q_3|}{(\Gamma\Delta)^2} \Rightarrow E_3 = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot \frac{64}{9} \cdot 10^{-6}}{16 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow \mathbf{E_3 = 4 \cdot 10^7 \text{ N/C.}}$$



Επιλέγουμε στη συνέχεια τους δύο κάθετους άξονες που φαίνονται στο σχήμα και αναλύουμε την ένταση

$\vec{E}_2$ στις συνιστώσες $\vec{E}_{2x}$ και $\vec{E}_{2y}$. Για τη γωνία θ ισχύει:

$$\eta\mu\theta = \frac{(BF)}{(BA)} = 0,6, \quad \sigma\upsilon\nu\theta = \frac{(\Gamma\Delta)}{(BA)} = 0,8$$

Για τις συνιστώσες των εντάσεων έχουμε:

$$E_{2x} = E_2 \sigma\upsilon\nu\theta = 20 \cdot 10^7 \cdot 0,8 = 16 \cdot 10^7 \text{ N/C} \quad E_{2y} = E_2 \eta\mu\theta = 20 \cdot 10^7 \cdot 0,6 = 12 \cdot 10^7 \text{ N/C}$$

Η συνισταμένη ένταση $\vec{E}_x$ στον άξονα x'x έχει κατεύθυνση που φαίνεται στο σχήμα και μέτρο:

$$E_x = E_{2x} + E_3 = 16 \cdot 10^7 + 4 \cdot 10^7 \Rightarrow \mathbf{E_x = 20 \cdot 10^7 \text{ N/C}}$$

Η συνισταμένη ένταση $\vec{E}_y$ στον άξονα y'y έχει κατεύθυνση που φαίνεται στο σχήμα και μέτρο:

$$E_y = E_{2y} + E_1 = 12 \cdot 10^7 + 3 \cdot 10^7 \Rightarrow \mathbf{E_y = 15 \cdot 10^7 \text{ N/C}}$$

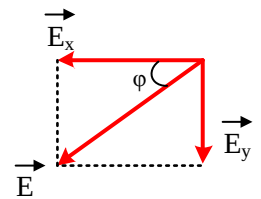
Οι εντάσεις $\vec{E}_x$ και $\vec{E}_y$ είναι κάθετες. Το μέτρο της ολικής έντασης $\vec{E}$ στο σημείο Δ

υπολογίζεται εφαρμόζοντας το πυθαγόρειο θεώρημα. Είναι:

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = \sqrt{(20 \cdot 10^7)^2 + (15 \cdot 10^7)^2} \Rightarrow \mathbf{E = 25 \cdot 10^7 \text{ N/C}}$$

Η ένταση $\vec{E}$ σχηματίζει γωνία φ με την πλευρά ΓΔ τέτοια ώστε:

$$\epsilon\varphi\varphi = \frac{E_y}{E_x} = \frac{15 \cdot 10^7}{20 \cdot 10^7} \Rightarrow \epsilon\varphi\varphi = \frac{3}{4}$$



ΟΜΟΓΕΝΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΦΟΡΤΙΣΜΕΝΟΥ ΣΩΜΑΤΙΔΙΟΥ ΜΕΣΑ ΣΕ ΟΜΟΓΕΝΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

Όταν μελετάμε την ισορροπία φορτισμένου σωματιδίου μέσα σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο, τα βήματα που ακολουθούμε είναι:

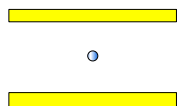
1. Κατασκευάζουμε κατάλληλο σχήμα όπου σημειώνουμε όλες τις δυνάμεις που ασκούνται στο φορτισμένο σωματίδιο.

Στο σχεδιασμό της δύναμης που ασκείται στο φορτισμένο σωματίδιο από το πεδίο έχουμε υπόψιν τα εξής:

i. Αν το φορτίο του σωματιδίου είναι θετικό, η κατεύθυνση της δύναμης που του ασκείται από το πεδίο είναι ίδια με την κατεύθυνση της έντασης του πεδίου (δηλαδή προς την αρνητική πλάκα).

- ii.** Αν το φορτίο του σωματιδίου είναι αρνητικό, η κατεύθυνση της δύναμης που του ασκείται από το πεδίο είναι αντίθετη από την κατεύθυνση της έντασης του πεδίου (δηλαδή προς τη θετική πλάκα).
- 2.** Αν χρειάζεται, επιλέγουμε δύο κάθετους άξονες και αναλύουμε όποιες δυνάμεις δεν είναι πάνω στους δύο άξονες.
- 3.** Εφαρμόζουμε τη συνθήκη ισορροπίας για κάθε άξονα χωριστά. Ισχύει: $\Sigma \vec{F}_x = 0$ και $\Sigma \vec{F}_y = 0$.

Παράδειγμα 12. Μία σταγόνα λαδιού έχει φορτίο $q = -3 \mu\text{C}$ και ισορροπεί μέσα σε κατακόρυφο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται μεταξύ δύο οριζόντιων παράλληλων μεταλλικών πλακών. Αν η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου είναι $E = 4.000 \text{ N/C}$, να βρείτε:



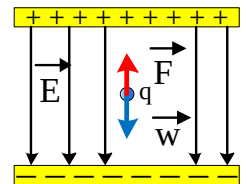
α. Ποια από τις δύο πλάκες είναι θετικά φορτισμένη;

β. Πόση είναι η μάζα της σταγόνας λαδιού;

Δίνεται: $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Λύση

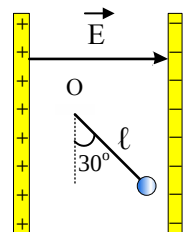
α. Στη σταγόνα λαδιού ασκούνται το βάρος της $\vec{w}$, με διεύθυνση κατακόρυφη και φορά προς τα κάτω, και η ηλεκτρική δύναμη $\vec{F}$, με διεύθυνση κατακόρυφη και φορά προς τα πάνω, επειδή η σταγόνα λαδιού ισορροπεί. Αφού η σταγόνα λαδιού είναι αρνητικά φορτισμένη, η ηλεκτρική δύναμη $\vec{F}$ έχει αντίθετη κατεύθυνση από την κατεύθυνση της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου. Αυτό σημαίνει ότι η κατεύθυνση της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου είναι προς τα κάτω και επομένως η πάνω πλάκα είναι θετικά φορτισμένη, ενώ η κάτω πλάκα είναι αρνητικά φορτισμένη.



β. Αφού η σταγόνα ισορροπεί, θα ισχύει:

$$\Sigma \vec{F}_y = 0 \Rightarrow F = w \Rightarrow E \cdot |q| = mg \Rightarrow m = \frac{E \cdot |q|}{g} \Rightarrow m = \frac{4 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{10} \Rightarrow \mathbf{m = 12 \cdot 10^{-4} \text{ kg}}$$

Παράδειγμα 13. Στο ένα άκρο λεπτού μονωτικού νήματος είναι δεμένη μία σημειακή φορτισμένη σφαίρα μάζας $m = 50\sqrt{3} \text{ mg}$ και φορτίου $q = 5 \mu\text{C}$. Όταν το εκκρεμές τοποθετηθεί μέσα σε οριζόντιο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται μεταξύ δύο κατακόρυφων παράλληλων



μεταλλικών πλακών, η σφαίρα ισορροπεί σε θέση όπου το νήμα του εκκρεμούς αποκλίνει από την κατακόρυφο κατά 30° . Να υπολογίσετε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου. Δίνεται: $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Λύση

Οι δυνάμεις που ασκούνται στη σφαίρα είναι το βάρος της $\vec{w}$, η τάση του νήματος $\vec{T}$ και η ηλεκτρική δύναμη $\vec{F}$.

Αναλύουμε την τάση του νήματος $\vec{T}$ στις συνιστώσες $\vec{T}_x$ και $\vec{T}_y$.

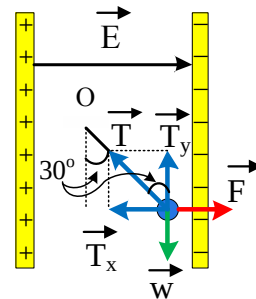
Έχουμε για τα μέτρα των δυνάμεων:

$$T_x = T \eta \mu 30^\circ \quad \text{και} \quad T_y = T \sigma \nu 30^\circ.$$

Αφού η σφαίρα ισορροπεί, για κάθε άξονα θα ισχύει:

$$\left. \begin{array}{l} \Sigma \vec{F}_y = 0 \\ \Sigma \vec{F}_x = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} w = T_y \\ F = T_x \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} mg = T \sigma \nu 30^\circ \\ E \cdot q = T \eta \mu 30^\circ \end{array} \right\} \xrightarrow[\text{κατά μέλη}]{\text{Διαιρώ}} \frac{mg}{Eq} = \sigma \phi 30^\circ \Rightarrow E = \frac{mg}{q \cdot \sigma \phi 30^\circ} \Rightarrow$$

$$E = \frac{50\sqrt{3} \cdot 10^{-6} \cdot 10}{5 \cdot 10^{-6} \sqrt{3}} \Rightarrow \mathbf{E = 100 \text{ N/C.}}$$



ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ - ΔΙΑΦΟΡΑ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ

Όταν δύο φορτία βρίσκονται σε κάποια απόσταση μεταξύ τότε αυτά αλληλεπιδρούν και εξαιτίας αυτής της αλληλεπίδρασης έχουν δυναμική ενέργεια $U = \frac{kQq}{r}$ που μπορεί να είναι είτε **αρνητική** είτε **θετική**.

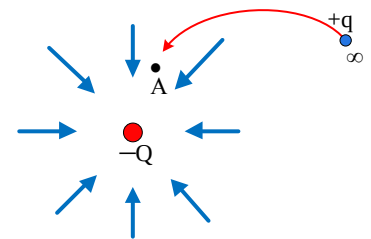
Θετική δυναμική ενέργεια σημαίνει ότι τα **φορτία** είναι **ομόσημα** άρα **δυνάμεις απωστικές** συνεπώς αν αφαιρεθούν ελεύθερα θα πάν μόνοι τους στο άπειρο **παράγοντας έργο**

Αρνητική δυναμική ενέργεια σημαίνει ότι τα **φορτία** είναι **ετερόσημα** άρα **δυνάμεις ελκτικές** συνεπώς τα φορτία για να βρεθούν στο άπειρο χρειάζεται **δαπάνη ενέργειας**.

Επειδή η **δύναμη** του **ηλεκτρικού πεδίου** είναι **συντηρητική δύναμη** το έργο της είναι ίσο με την ελάττωση της δυναμικής ενέργειας και ισχύει **$W = -\Delta U$**

Προέλευση της σχέσης $U = \frac{kQq}{r}$

Έστω ακλόνητο αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο Q που δημιουργεί ηλεκτρικό πεδίο. Στη θέση (Γ) του πεδίου βρίσκεται θετικό δοκιμαστικό φορτίο q . Επειδή οι ηλεκτροστατικές δυνάμεις είναι συντηρητικές, η δυναμική ενέργεια του συστήματος των δύο φορτίων δίνεται από τη σχέση $U_A = W_{A \rightarrow \infty}$.



Ο υπολογισμός του έργου $W_{A \rightarrow \infty}$ δε γίνεται με απλά μαθηματικά, διότι υπάρχουν δύο

δυσκολίες. Η πρώτη είναι ότι η δύναμη μεταβάλλεται με την απόσταση: $F = \frac{k |q_1 q_2|}{r^2}$ και η δεύτερη ότι η

μετατόπιση είναι απείρου μήκους. Με τη χρήση όμως ανώτερων μαθηματικών αποδεικνύεται ότι το έργο

είναι: $W_{A \rightarrow \infty} = \frac{kQq}{r}$ και λόγω ότι $U_A = W_{A \rightarrow \infty}$ η δυναμική ενέργεια του συστήματος των φορτίων στην

αρχική θέση είναι $U_A = \frac{kQq}{r}$, όπου k η ηλεκτρική σταθερά και r η απόσταση μεταξύ των ηλεκτρικών φορτίων στην αρχική θέση.

Επειδή το φορτίο πηγή Q είναι ακλόνητο, θεωρούμε καταχρηστικά ότι η δυναμική ενέργεια του συστήματος ανήκει στο φορτίο q .

Δηλαδή θα λέμε ότι «η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του φορτίου q στη θέση (Α) του πεδίου είναι η $U_{(A)}$ ».

ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΠΟΛΛΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

Αν έχουμε πολλά φορτία τότε για τον υπολογισμό της δυναμικής ενέργειας του συστήματος λαμβάνουμε

$$\text{υπόψιν όλα τα πιθανά ζεύγη } U = \frac{kq_1q_2}{r_{1,2}} + \frac{kq_1q_3}{r_{1,3}} + \frac{kq_2q_3}{r_{2,3}} + \dots$$

ΔΥΝΑΜΙΚΟ

Όπως είδαμε στην προηγούμενως η δυναμική ενέργεια δοκιμαστικού φορτίου q , στη θέση (Α) που

απέχει απόσταση r από φορτίο «πηγή» του πεδίου Q είναι: $U_1 = \frac{kQq}{r}$

Αν στη θέση (Α) τοποθετήσουμε ένα άλλο δοκιμαστικό φορτίο $q' = 2q$, η δυναμική του ενέργεια γίνεται:

$$U_2 = \frac{kQ2q}{r}$$

Διαπιστώνουμε ότι $U_2 = 2U_1$ δηλαδή η δυναμική ενέργεια είναι ανάλογη του φορτίου q . Το πηλίκο της δυναμικής ενέργειας του φορτίου q προς το φορτίο αυτό είναι μία φυσική ποσότητα που έχει σταθερή τιμή ανεξάρτητη του φορτίου q στη συγκεκριμένη θέση (Α) του πεδίου. Τη φυσική αυτή ποσότητα ονομάζουμε δυναμικό του πεδίου στη θέση (Α) και συμβολίζεται V_A .

Δυναμικό σε μία θέση (Α) ηλεκτρικού πεδίου, ονομάζεται το μονόμετρο φυσικό μέγεθος, που είναι ίσο με το πηλίκο της δυναμικής ενέργειας φορτίου q στη θέση Γ προς το φορτίο αυτό.

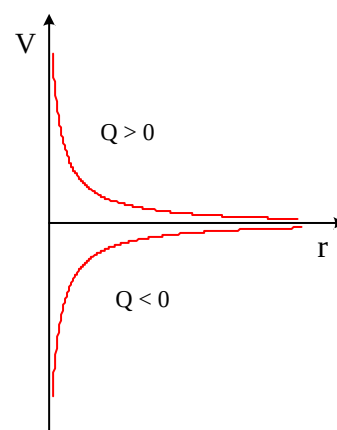
Το δυναμικό δίνεται από τη σχέση: $V_A = \frac{U_A}{q}$

Μονάδα μέτρησης του δυναμικού στο S.I. είναι το **$1V = 1J/C$** . Δηλαδή $1\text{ Volt} = \frac{1\text{Joule}}{1\text{Coulomb}}$

Επειδή $U_A = W_{A \rightarrow \infty}$ μπορούμε να γράψουμε: $V_{(A)} = \frac{W_{A \rightarrow \infty}}{q}$.

ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ COULOMB

Με βάση τη σχέση ορισμού του φυσικού μεγέθους του δυναμικού: $V_A = \frac{U_A}{q}$ και αντικαθιστώντας τη δυναμική ενέργεια φορτίου q στη θέση (A) με τη σχέση: $U_A = \frac{kQq}{r}$ προκύπτει η σχέση: $V_A = \frac{kQ}{r}$



όπου Q το φορτίο που δημιουργεί το πεδίο και r η απόσταση μεταξύ του σημείου (A) και του φορτίου Q .

Η γραφική παράσταση του δυναμικού ηλεκτροστατικού πεδίου Coulomb σε σχέση με την απόσταση r φαίνεται στο διπλανό σχήμα για θετικό και αρνητικό φορτίο πηγή.

☞ Η περιγραφή του ηλεκτρικού πεδίου έγινε με την εισαγωγή του μεγέθους **ένταση** γιατί η ένταση είναι ανεξάρτητη από το **υπόθεμα** που τυχόν υπάρχει στο πεδίο. Ωστόσο και αυτός ο τρόπος περιγραφής παρουσιάζει δυσκολία αφού η **ένταση είναι διανυσματικό μέγεθος** και επομένως για την περιγραφή της απαιτούνται:

α. το μέτρο,

β. η διεύθυνση και

γ. η φορά σε κάθε σημείο του πεδίου.

Η ανάγκη να περιγραφεί το ηλεκτρικό πεδίο και γενικότερα κάθε πεδίο δυνάμεων, με απλούστερο τρόπο οδήγησε στην εισαγωγή ενός **μονόμετρου μεγέθους** που ονομάζεται **διαφορά δυναμικού ή τάση**.

Το πηλίκο $\frac{W_{AB}}{q}$ είναι ανεξάρτητο του φορτίου και αναφέρεται στα δύο σημεία A και B του πεδίου και

ονομάζεται διαφορά δυναμικού μεταξύ των σημείων A και B. Δηλαδή:

Διαφορά δυναμικού $V_{AB} = V_A - V_B$ μεταξύ δύο σημείων A και B ενός ηλεκτρικού πεδίου ονομάζεται το μονόμετρο φυσικό μέγεθος που είναι ίσο προς το σταθερό πηλίκο του έργου της δύναμης του πεδίου κατά τη μεταφορά ενός φορτίου q , από το σημείο A στο σημείο B δια του φορτίου q .

$$V_{AB} = V_A - V_B = \frac{W_{AB}}{q} \quad (1) \quad \text{Διαφορά δυναμικού στο ηλεκτρικό πεδίο}$$

Από τη σχέση (1) προκύπτει ότι: $W_{AB} = q(V_A - V_B)$ (2)

Η (2) αποτελεί την σχέση έργου και διαφοράς δυναμικού μεταξύ δύο σημείων A και B ηλεκτροστατικού πεδίου

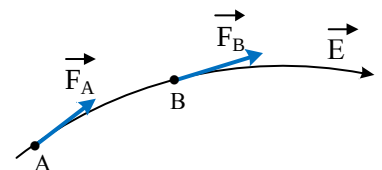
Διερεύνηση της σχέσης (2):

α. Όταν το μετακινούμενο φορτίο είναι θετικό ($q > 0$), τότε:**1.** Αν $V_A > V_B$, τότε $W > 0$.Σ' αυτή την περίπτωση η δύναμη του πεδίου **παράγει έργο**, όταν το φορτίο μετακινείται από το $A \rightarrow B$.**2.** Αν $V_A < V_B$, τότε $W < 0$.Σ' αυτή την περίπτωση η δύναμη του πεδίου **δαπανά έργο**, όταν το φορτίο μετακινείται από το $A \rightarrow B$.**β. Όταν το μετακινούμενο φορτίο είναι αρνητικό ($q < 0$), τότε:****1.** Αν $V_A > V_B$, τότε $W < 0$.Σ' αυτή την περίπτωση η δύναμη του πεδίου **δαπανά έργο**, όταν το φορτίο μετακινείται από το $A \rightarrow B$.**2.** Αν $V_A < V_B$, τότε $W > 0$.Σ' αυτή την περίπτωση η δύναμη του πεδίου **παράγει έργο**, όταν το φορτίο μετακινείται από το $A \rightarrow B$.**Συμπεράσματα:****1.** Η διαφορά δυναμικού είναι η αιτία μετακίνησης του ηλεκτρικού φορτίου.**2.** Τα θετικά φορτία κινούνται αυθόρμητα από σημεία υψηλού δυναμικού σε σημεία χαμηλού δυναμικού, ενώ τα αρνητικά φορτία αντίθετα.**3.** Αν το φορτίο είναι θετικό, τότε η μετακίνηση του φορτίου γίνεται κατά τη φορά της δυναμικής γραμμής και της έντασης. Η διαπίστωση αυτή είναι γενική και αφορά και πεδία ανομοιογενή.**4.** Σε ένα ηλεκτρικό πεδίο, κατά τη φορά της δυναμικής γραμμής, τα δυναμικά ελαττώνονται.

Αυτός είναι ένας ακόμη τρόπος προσδιορισμού της φοράς των δυναμικών γραμμών και της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου.

5. Επειδή η $F_{ηλ}$ είναι συντηρητική δύναμη το έργο W_{AB} είναι ανεξάρτητο της διαδρομής που ακολουθεί το μετακινούμενο φορτίο**Απόδειξη της 4^{ης} πρότασης :** Έστω θετικό φορτίο μετακινείται από το σημείο Aστο σημείο B όπως φαίνεται στο σχήμα τότε : $W_{AB} = \vec{F} \cdot \vec{r} > 0$ αφού η μετατόπιση

και η δύναμη ομόρροπα διανύσματα

αλλά και $W_{AB} = q(V_A - V_B) > 0$ και εφόσον $q > 0$ θα πρέπει και $(V_A - V_B) > 0$ ή V_A $> V_B$ δηλαδή το δυναμικό στο σημείο A είναι μεγαλύτερο απ αυτό στο B συνεπώς **κατά μήκος μιας δυναμικής γραμμής το δυναμικό ελαττώνεται.**

Το δυναμικό όμως μπορεί να οριστεί και αν λάβουμε υπόψιν την δυναμική ενέργεια και την σχέση της με το έργο $W_{A \rightarrow B} = -\Delta U = -(U_B - U_A) = U_A - U_B$ η δυναμική ενέργεια στο άπειρο την ορίζουμε μηδέν όπως και το δυναμικό αφού αμφότερα εξαρτώνται από το αντίστροφο της απόστασης δηλαδή $V_\infty = U_\infty = 0$ το έργο για την μετακίνηση από το σημείο A στο άπειρο θα είναι

$W_{A \rightarrow \infty} = -\Delta U \Rightarrow q(V_A - V_\infty) = -(U_\infty - U_A) \Rightarrow qV_A = U_A$ έτσι λοιπόν από την τελευταία σχέση καταλαβαίνουμε ότι αν θέλουμε να υπολογίσουμε την δυναμική ενέργεια που θα αποκτήσει ένα φορτίο αν μετακινηθεί από το άπειρο σε κάποιο σημείο A αρκεί να υπολογίσουμε το δυναμικό στο σημείο αυτό.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ : Η δυναμική ενέργεια αναφέρεται στο σύνολο των φορτίων και δεν μπορεί να αποδοθεί σε κάθε φορτίο ξεχωριστά. Αν όμως τα άλλα φορτία είναι στερεωμένα σε ακλόνητα σημεία τότε μπορεί να αποδοθεί ολόκληρη η ενέργεια του συστήματος σ αυτό

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΥΣΗ ΤΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Υπολογισμός της έντασης σε ένα σημείο ενός ηλεκτρικού πεδίου.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΦΟΡΤΙΟΥ

Η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια U ενός φορτίου q που βρίσκεται σε ένα σημείο A ενός ηλεκτρικού πεδίου το οποίο δημιουργείται από ακίνητο σημειακό φορτίο Q υπολογίζεται από τη σχέση: $U = \frac{kQq}{r}$

όπου r η απόσταση του φορτίου q από το φορτίο Q .

Στη σχέση αυτή τα φορτία αντικαθίστανται με τα πρόσημα τους, πράγμα που σημαίνει ότι η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του φορτίου q μπορεί να είναι είτε θετική είτε αρνητική.

☞ Θετική ηλεκτρική δυναμική ενέργεια σημαίνει ότι το φορτίο q μετακινείται αυθόρμητα προς το άπειρο.

☞ Αρνητική ηλεκτρική δυναμική ενέργεια σημαίνει ότι στο φορτίο q πρέπει να προσφερθεί ενέργεια για να μετακινηθεί προς το άπειρο.

Δεν ξεχνάμε ότι τα φορτία πρέπει να αντικατασταθούν αφού τα μετατρέψουμε σε C και η απόσταση r αντικαθίσταται αφού μετατραπεί σε m.

Παράδειγμα 14. Ένα σημειακό ηλεκτρικό φορτίο $Q = +4 \mu\text{C}$ δημιουργεί γύρω του ηλεκτρικό πεδίο,

α. Πόση είναι η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια ενός φορτίου $q_1 = 2 \mu\text{C}$ που βρίσκεται σε σημείο A και το οποίο απέχει απόσταση $r_1 = 10 \text{ cm}$ από το φορτίο Q ;

β. Πόση είναι η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια ενός φορτίου $q_2 = -5 \mu\text{C}$ που βρίσκεται σε σημείο B και το οποίο απέχει απόσταση $r_2 = 15 \text{ cm}$ από το φορτίο Q ;

Ποια η σημασία του πρόσημου στα παραπάνω αποτελέσματα; Δίνεται: $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

Λύση

α. Η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του φορτίου q_1 που βρίσκεται στο σημείο A είναι:

$$U_1 = \frac{kQq_1}{r_1} \Rightarrow U_1 = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{10^{-1}} \Rightarrow \mathbf{U_1 = 0,72 \text{ J}}$$

β. Η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του φορτίου q_2 που βρίσκεται στο σημείο B είναι:

$$U_2 = \frac{kQq_2}{r_2} \Rightarrow U_2 = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \cdot (-5 \cdot 10^{-6})}{15 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \mathbf{U_2 = -1,2 \text{ J.}}$$

Το φορτίο q_1 , επειδή έχει θετική ηλεκτρική δυναμική ενέργεια, μπορεί να μετακινηθεί αυθόρμητα προς το άπειρο, ενώ το φορτίο q_2 , επειδή έχει αρνητική ηλεκτρική δυναμική ενέργεια, δεν μπορεί να μετακινηθεί αυθόρμητα προς το άπειρο, αλλά θα πρέπει, για να συμβεί αυτό, να του προσφέρουμε ενέργεια.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΣΕ ΣΗΜΕΙΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΟ ΟΠΟΙΟ ΔΗΜΙΟΥΡΓΕΙΤΑΙ ΑΠΟ ΕΝΑ ΦΟΡΤΙΟ

Το δυναμικό σε ένα σημείο Α ενός ηλεκτρικού πεδίου το οποίο δημιουργείται από ακίνητο σημειακό φορτίο

Q υπολογίζεται από τη σχέση: $V = \frac{kQ}{r}$ όπου r η απόσταση από το φορτίο Q.

☞ Στη σχέση αυτή το φορτίο Q αντικαθίσταται με το πρόσημο του, πράγμα που σημαίνει ότι το δυναμικό σε ένα σημείο μπορεί να είναι είτε θετικό είτε αρνητικό.

☞ Όταν γνωρίζουμε το δυναμικό σε ένα σημείο Α και θέλουμε να βρούμε την ηλεκτρική δυναμική ενέργεια ενός φορτίου q που τοποθετείται στο σημείο αυτό, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη σχέση ορισμού του

δυναμικού. Θα ισχύει: $V_A = \frac{U_A}{q} \Rightarrow U_A = q \cdot V_A$

Και στη σχέση αυτή οι αντικαταστάσεις των q και V_A γίνονται με τα πρόσημα τους.

Παράδειγμα 15. Ένα σημειακό ηλεκτρικό φορτίο $Q = 2 \mu\text{C}$ δημιουργεί γύρω του ηλεκτρικό πεδίο.

α. Να βρείτε το δυναμικό του ηλεκτρικού πεδίου σε σημείο Α που απέχει απόσταση $r_1 = 10 \text{ cm}$ από το φορτίο Q;

β. Σε πόση απόσταση r από το φορτίο Q βρίσκεται ένα σημείο Β στο οποίο το δυναμικό έχει τιμή $V_B = 6 \cdot 10^4 \text{ V}$;

γ. Πόση είναι η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια ενός φορτίου $q = 5 \mu\text{C}$ που τοποθετείται στο σημείο Β; Δίνεται: $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

Λύση

α. Το δυναμικό V_A στο σημείο Α είναι: $V_A = \frac{kQ}{r_1} \Rightarrow V_A = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{10^{-1}} \Rightarrow V_A = 18 \cdot 10^4 \text{ V}$

β. Η απόσταση r_2 , που απέχει το σημείο Β από το φορτίο Q, υπολογίζεται από τη σχέση

$$V_B = \frac{kQ}{r_2} \Rightarrow r_2 = \frac{kQ}{V_B} \Rightarrow r_2 = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{6 \cdot 10^4} \Rightarrow r_2 = 3 \cdot 10^{-1} \text{ m}.$$

γ. Η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια U_B του φορτίου $q = 5 \mu\text{C}$ που τοποθετείται στο σημείο Β είναι:

$$V_B = \frac{U_B}{q} \Rightarrow U_B = q \cdot V_B \Rightarrow U_B = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 6 \cdot 10^4 \Rightarrow U_B = 0,3 \text{ J}.$$

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΣΕ ΣΗΜΕΙΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΟ ΟΠΟΙΟ ΔΗΜΙΟΥΡΓΕΙΤΑΙ ΑΠΟ ΔΥΟ Ή ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ ΦΟΡΤΙΑ

Τα βήματα που ακολουθούμε για να βρούμε το δυναμικό σε ένα σημείο Α ενός ηλεκτρικού πεδίου το οποίο δημιουργείται από δύο ή περισσότερα φορτία είναι:

1. Φτιάχνουμε ένα σχήμα σημειώνοντας προσεκτικά τις αποστάσεις ανάμεσα στο σημείο για το οποίο θέλουμε να υπολογίσουμε το δυναμικό και στα υπόλοιπα φορτία.

2. Υπολογίζουμε την τιμή του δυναμικού που οφείλεται σε κάθε φορτίο εφαρμόζοντας όσες φορές χρειαστεί

τη σχέση $V = \frac{kQ}{r}$. Το φορτίο Q το αντικαταστήσουμε με το πρόσημο του.

3. Το δυναμικό στο σημείο που μας ενδιαφέρει θα προκύψει από το αλγεβρικό άθροισμα όλων των δυναμικών.

Παρατήρηση: Για τον υπολογισμό του δυναμικού σε ένα σημείο ενός ηλεκτρικού πεδίου δεν αλλάζει η μεθοδολογία είτε το σημείο βρίσκεται πάνω στην ευθεία που ενώνει, για παράδειγμα, δύο φορτία είτε βρίσκεται εκτός της ευθείας. Κι αυτό γιατί το δυναμικό είναι μονόμετρο μέγεθος και δε χρειάζεται να

σχεδιάσουμε διανύσματα, όπως κάναμε στους υπολογισμούς μας για την εύρεση της δύναμης και της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου.

Τα βήματα που ακολουθούμε, όταν χρειάζεται να υπολογίσουμε **τη διαφορά δυναμικού V_{AB} μεταξύ δύο σημείων A και B** ενός ηλεκτρικού πεδίου, είναι:

1. Υπολογίζουμε το δυναμικό V_A στο σημείο A και το δυναμικό V_B στο σημείο B όπως παραπάνω.

2. Βρίσκουμε τη διαφορά δυναμικού με τη σχέση $V_{AB} = V_A - V_B$.

Προσοχή! Η αντικατάσταση των δυναμικών V_A και V_B στην παραπάνω σχέση γίνεται με τα πρόσημα τους.

Επίσης ισχύει $V_{AB} = -V_{BA}$.

Παράδειγμα 16. Δύο σημειακά ηλεκτρικά φορτία $Q_1 = 6 \mu\text{C}$ και $Q_2 = -4 \mu\text{C}$ βρίσκονται τοποθετημένα στα σημεία A και B αντίστοιχα μιας ευθείας (ε) και απέχουν απόσταση 18 cm. Να βρείτε το δυναμικό:

α. Σε σημείο Γ της ευθείας (ε), το οποίο βρίσκεται ανάμεσα στα σημεία A και B και απέχει 6 cm από το σημείο A.

β. Σε σημείο Δ της μεσοκαθέτου της AB, το οποίο απέχει απόσταση 12 cm από το μέσο M του ευθύγραμμου τμήματος AB.

γ. Πόση είναι η διαφορά δυναμικού $V_{\Gamma\Delta}$ μεταξύ των σημείων Γ και Δ; Δίνεται: $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

Λύση

α. Το δυναμικό στο σημείο Γ είναι ίσο με το αλγεβρικό άθροισμα:

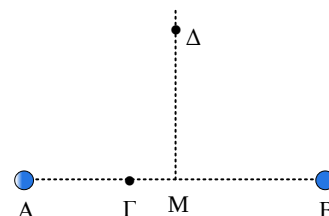
$V_{\Gamma} = V_{1\Gamma} + V_{2\Gamma}$ όπου $V_{1\Gamma}$ και $V_{2\Gamma}$ τα δυναμικά που οφείλονται στα φορτία Q_1 και Q_2

αντίστοιχα.

Άρα:

$$V_{\Gamma} = V_{1\Gamma} + V_{2\Gamma} = \frac{kQ_1}{(A\Gamma)} + \frac{kQ_2}{(B\Gamma)} \Rightarrow$$

$$V_{\Gamma} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 6 \cdot 10^{-6}}{6 \cdot 10^{-2}} + \frac{9 \cdot 10^9 \cdot (-4) \cdot 10^{-6}}{12 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \mathbf{V_{\Gamma} = 6 \cdot 10^5 \text{ V}}$$



β. Οι αποστάσεις $(A\Delta) = (B\Delta)$, θα βρεθούν με εφαρμογή του πυθαγορείου θεωρήματος στο τρίγωνο (AKM)
 $(A\Delta)^2 = (\Delta M)^2 + (AM)^2 \Rightarrow (A\Delta) = 15 \text{ cm}$.

Το δυναμικό στο σημείο Δ είναι ίσο με το αλγεβρικό άθροισμα των δυναμικών που δημιουργούν τα φορτία Q_1 και Q_2 :

$$V_{\Delta} = V_{1\Delta} + V_{2\Delta} = \frac{kQ_1}{(A\Delta)} + \frac{kQ_2}{(B\Delta)} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 6 \cdot 10^{-6}}{15 \cdot 10^{-2}} + \frac{9 \cdot 10^9 \cdot (-4) \cdot 10^{-6}}{15 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \mathbf{V_{\Delta} = 1,2 \cdot 10^5 \text{ V}}$$

γ. Αφού έχουμε υπολογίσει τα δυναμικά V_{Γ} και V_{Δ} στα σημεία Γ και Δ αντίστοιχα, η διαφορά δυναμικού $V_{\Gamma\Delta}$ είναι:

$$V_{\Gamma\Delta} = V_{\Gamma} - V_{\Delta} = 6 \cdot 10^5 - 1,2 \cdot 10^5 \Rightarrow \mathbf{V_{\Gamma\Delta} = 4,8 \cdot 10^5 \text{ V}}$$

ΕΥΡΕΣΗ ΣΗΜΕΙΟΥ ΜΗΔΕΝΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΠΑΝΩ ΣΕ ΕΥΘΕΙΑ ΓΡΑΜΜΗ

Όταν δύο ετερόνυμα φορτία Q_1 και Q_2 βρίσκονται στα σημεία A και B μιας ευθείας, τότε πάνω στην ευθεία που ενώνει τα δύο φορτία υπάρχουν δύο σημεία όπου το δυναμικό είναι μηδέν.

☞ Το πρώτο σημείο βρίσκεται ανάμεσα στα σημεία A και B και πιο κοντά στο φορτίο που έχει κατ' απόλυτη τιμή τη μικρότερη τιμή φορτίου.

☞ Το δεύτερο σημείο βρίσκεται στην προέκταση του ευθύγραμμου τμήματος AB και πιο κοντά, στο φορτίο που είναι κατ' απόλυτη τιμή μικρότερο.

Τα βήματα που ακολουθούμε σε αυτές τις ασκήσεις είναι:

1. Βρίσκουμε ποιο είναι το πιθανό σημείο μηδενισμού (έστω Γ) του δυναμικού του πεδίου.

2. Σημειώνουμε στο σχήμα τις αποστάσεις του σημείου Γ από τα φορτία Q_1 και Q_2 .

3. Θέτουμε το αλγεβρικό άθροισμα των δυναμικών των πεδίων που οφείλονται στα φορτία Q_1 και Q_2 ίσο με μηδέν.

Παράδειγμα 17. Δύο σημειακά ηλεκτρικά φορτία $Q_1 = +10 \mu\text{C}$ και $Q_2 = -2 \mu\text{C}$ βρίσκονται τοποθετημένα στα σημεία A και B μιας ευθείας (ε) αντίστοιχα. Τα δύο σημεία απέχουν απόσταση $d = 120 \text{ cm}$. Να βρείτε σε ποια σημεία της ευθείας (ε) το δυναμικό του ηλεκτρικού πεδίου είναι μηδέν.

Λύση

Έστω Γ το πρώτο σημείο μηδενισμού του δυναμικού του πεδίου.

Το σημείο Γ βρίσκεται ανάμεσα στα σημεία A και B και πιο κοντά στο φορτίο Q_2 .

Θέτουμε $B\Gamma = x$ την απόσταση του σημείου Γ από το σημείο B, οπότε η απόσταση $A\Gamma$ θα είναι ίση με $d - x$.

Το αλγεβρικό άθροισμα των δυναμικών των πεδίων στο σημείο Γ, που οφείλονται στα φορτία Q_1 και Q_2 , είναι:

$$V_\Gamma = 0 \Rightarrow V_{1\Gamma} + V_{2\Gamma} = 0 \Rightarrow V_{1\Gamma} = -V_{2\Gamma} \Rightarrow \frac{kQ_1}{d-x} = -\frac{kQ_2}{x} \Rightarrow \frac{10 \cdot 10^{-6}}{d-x} = -\frac{-2 \cdot 10^{-6}}{x} \Rightarrow 5x = d - x \Rightarrow$$

$$6x = d \Rightarrow x = 20 \text{ cm}$$

Άρα το σημείο αυτό απέχει 20 cm από σημείο B και 100 cm από σημείο A.

Για το σημείο Δ που βρίσκεται πάνω στην ευθεία που περνά από τα σημεία A και B και βρίσκεται εκτός αυτών.

Το σημείο Δ βρίσκεται στην προέκταση του ευθύγραμμου τμήματος AB και πιο κοντά στο φορτίο Q_2 .

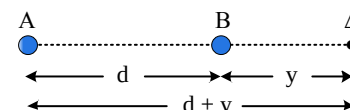
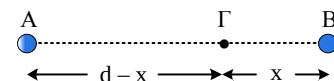
Θέτουμε $B\Delta = y$ την απόσταση του σημείου Δ από το σημείο B, οπότε η απόσταση $A\Delta$ θα είναι ίση με $A\Delta = d + y$.

Το αλγεβρικό άθροισμα των δυναμικών των πεδίων στο σημείο Δ, που οφείλονται στα φορτία Q_1 και Q_2 , είναι:

$$V_\Delta = 0 \Rightarrow V_{1\Delta} + V_{2\Delta} = 0 \Rightarrow V_{1\Delta} = -V_{2\Delta} \Rightarrow \frac{kQ_1}{d+y} = -\frac{kQ_2}{y} \Rightarrow \frac{10 \cdot 10^{-6}}{d+y} = -\frac{-2 \cdot 10^{-6}}{y} \Rightarrow 5y = d + y \Rightarrow$$

$$4y = d \Rightarrow y = 30 \text{ cm.}$$

Δηλαδή το σημείο Δ απέχει απόσταση 30 cm από το σημείο B και 150 cm από το σημείο A.



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΡΓΟΥ ΔΥΝΑΜΗΣ ΠΕΔΙΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ ΦΟΡΤΙΟΥ ΑΠΟ ΕΝΑ ΣΗΜΕΙΟ ΣΕ ΕΝΑ ΑΛΛΟ

Για να αναλύσουμε την περίπτωση αυτή, θα πρέπει να διακρίνουμε δύο περιπτώσεις:

A. Μετακίνηση φορτίου q από ένα σημείο A του πεδίου στο άπειρο. Το έργο της δύναμης του πεδίου στην περίπτωση αυτή υπολογίζεται από τη σχέση: $W_{A \rightarrow \infty} = qV_A$

Επομένως:

Υπολογίζουμε το δυναμικό V_A στο σημείο A και αντικαθιστούμε την τιμή του στην παραπάνω σχέση.

Δεν ξεχνάμε ότι τόσο το φορτίο q όσο και το δυναμικό V_A αντικαθίστανται στην παραπάνω σχέση με τα πρόσημα τους.

B. Μετακίνηση φορτίου q από ένα σημείο A του πεδίου σε ένα άλλο σημείο B του πεδίου.

Το έργο της δύναμης του πεδίου στην περίπτωση αυτή υπολογίζεται από τη σχέση: $W_{A \rightarrow B} = q(V_A - V_B)$

Υπολογίζουμε τη διαφορά δυναμικού V_{AB} μεταξύ των σημείων A και B και αντικαθιστούμε την τιμή της στην παραπάνω σχέση.

Παράδειγμα 18. Στις κορυφές B και Γ ισόπλευρου τριγώνου ABΓ πλευράς $a = 90 \text{ cm}$ είναι τοποθετημένα τα σημειακά φορτία $Q_1 = 1 \mu\text{C}$ και $Q_2 = -3 \mu\text{C}$ αντίστοιχα. Να υπολογίσετε το έργο της δύναμης του πεδίου κατά τη μετακίνηση φορτίου $q = 2 \text{ nC}$:

α. Από την κορυφή A του τριγώνου στο άπειρο.

β. Από την κορυφή A του τριγώνου στο μέσο M της πλευράς BΓ.

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

Λύση

α. Το έργο της δύναμης του πεδίου για τη μετακίνηση του φορτίου $+q$ από το σημείο A στο άπειρο είναι:

$$W_{A \rightarrow \infty} = q \cdot V_A$$

Χρειάζεται να υπολογίσουμε το δυναμικό V_A του πεδίου στο σημείο A.

Το δυναμικό V_A του πεδίου στο σημείο A είναι ίσο με το αλγεβρικό άθροισμα:

$$V_A = V_{1A} + V_{2A} = \frac{kQ_1}{a} + \frac{kQ_2}{a} = \frac{9 \cdot 10^9}{9 \cdot 10^{-1}} (1 \cdot 10^{-6} + (-3 \cdot 10^{-6})) \Rightarrow \mathbf{V_A = -2 \cdot 10^4 \text{ V}}$$

Άρα το έργο της δύναμης του πεδίου κατά τη μετακίνηση φορτίου $q = 2 \text{ nC}$ από το σημείο A στο άπειρο είναι: $W_{A \rightarrow \infty} = q \cdot V_A \Rightarrow W_{A \rightarrow \infty} = 2 \cdot 10^{-9} \cdot (-2 \cdot 10^4) \Rightarrow \mathbf{W_{A \rightarrow \infty} = -4 \cdot 10^{-5} \text{ J}}$

β. Το έργο της δύναμης του πεδίου για τη μετακίνηση του φορτίου $+q$ από το σημείο A στο μέσο M της πλευράς BΓ είναι: $W_{A \rightarrow M} = q \cdot (V_A - V_M)$

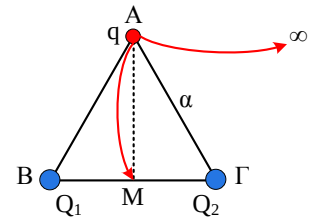
Το δυναμικό V_A του πεδίου στο σημείο A είναι $V_A = -2 \cdot 10^4 \text{ V}$.

Χρειάζεται να υπολογίσουμε το δυναμικό V_M του πεδίου στο σημείο M.

Το δυναμικό στο σημείο M είναι ίσο με το αλγεβρικό άθροισμα:

$$V_M = V_{1M} + V_{2M} = \frac{kQ_1}{a/2} + \frac{kQ_2}{a/2} = \frac{9 \cdot 10^9}{4,5 \cdot 10^{-1}} (1 \cdot 10^{-6} + (-3 \cdot 10^{-6})) \Rightarrow \mathbf{V_M = -4 \cdot 10^4 \text{ V.}}$$

Άρα το έργο της δύναμης του πεδίου κατά τη μετακίνηση του φορτίου q από το σημείο A στο σημείο M είναι: $W_{A \rightarrow M} = q(V_A - V_M) \Rightarrow W_{A \rightarrow M} = 2 \cdot 10^{-9} \cdot (-2 \cdot 10^4 - (-4 \cdot 10^4)) \Rightarrow \mathbf{W_{A \rightarrow M} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ J}}$



Παράδειγμα 19. Δύο σημειακά φορτία $Q_1 = 160 \mu\text{C}$ και Q_2 βρίσκονται στα σημεία A και B μιας ευθείας (ε) και απέχουν απόσταση $d = 80 \text{ cm}$. Η δυναμική ενέργεια που έχει ένα φορτίο $q = 2 \text{ nC}$, όταν τοποθετηθεί στο μέσο του ευθύγραμμου τμήματος AB, είναι $U_M = 9 \cdot 10^{-3} \text{ J}$. Να υπολογίσετε:

α. Το δυναμικό του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο M.

β. Το φορτίο Q_2 .

γ. Το έργο της δύναμης του πεδίου κατά τη μετακίνηση του φορτίου q από το σημείο M στο σημείο Γ, το οποίο βρίσκεται πάνω στη μεσοκάθετο του ευθύγραμμου τμήματος AB και απέχει 30 cm από το σημείο M.

δ. Πόση είναι η δυναμική ενέργεια του φορτίου q στο σημείο Γ.

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

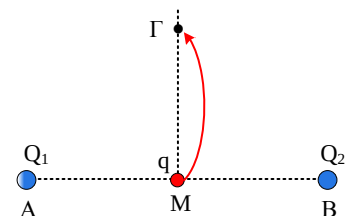
Λύση

α. Εφόσον γνωρίζουμε την δυναμική ενέργεια του φορτίου q στο σημείο M μπορούμε εύκολα να υπολογίσουμε και το δυναμικό στο ίδιο σημείο από τη σχέση

$$V_M = \frac{U_M}{q} \Rightarrow V_M = \frac{9 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-9}} \Rightarrow \mathbf{V_M = 4,5 \cdot 10^6 \text{ V.}}$$

β. Το δυναμικό V_M οφείλεται στα δύο φορτία Q_1 και Q_2 και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$V_M = V_{1M} + V_{2M} = \frac{kQ_1}{d/2} + \frac{kQ_2}{d/2} = \frac{2k}{d} (Q_1 + Q_2) \Rightarrow Q_1 + Q_2 = \frac{V_M d}{2k} \Rightarrow Q_2 = \frac{V_M d}{2k} - Q_1 \Rightarrow$$



$$Q_2 = \frac{4,5 \cdot 10^6 \cdot 80 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 9 \cdot 10^9} - 160 \cdot 10^{-6} \Rightarrow \mathbf{Q_2 = 40 \cdot 10^{-6} \text{ C.}}$$

γ. Το έργο για την μετακίνηση από το Μ στο Γ δίνεται από τη σχέση $W_{M\Gamma} = q(V_M - V_\Gamma)$ δηλαδή για τον ζητούμενο υπολογισμό μας λείπει το δυναμικό στο σημείο Γ που για να το υπολογίσουμε χρειάζεται να υπολογίσουμε την απόσταση $(A\Gamma) = (B\Gamma)$ με το πυθαγόρειο θεώρημα.

$$(A\Gamma)^2 = (AM)^2 + (BM)^2 \Rightarrow (A\Gamma) = 50 \text{ cm.}$$

$$V_\Gamma = V_{1\Gamma} + V_{2\Gamma} = \frac{kQ_1}{(A\Gamma)} + \frac{kQ_2}{(B\Gamma)} = \frac{k}{(A\Gamma)}(Q_1 + Q_2) \Rightarrow V_\Gamma = \frac{9 \cdot 10^9}{50 \cdot 10^{-2}} \cdot 200 \cdot 10^{-6} \Rightarrow \mathbf{V_\Gamma = 3,6 \cdot 10^6 \text{ V.}}$$

$$\text{Οπότε } W_{M\Gamma} = q(V_M - V_\Gamma) \Rightarrow W_{M\Gamma} = 2 \cdot 10^{-9}(4,5 \cdot 10^6 - 3,6 \cdot 10^6) \Rightarrow \mathbf{W_{M\Gamma} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ J.}}$$

δ. Η δυναμική ενέργεια του φορτίου q στο σημείο Γ υπολογίζεται από τη σχέση:

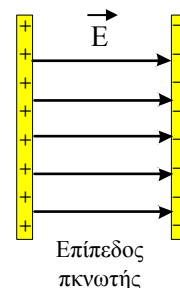
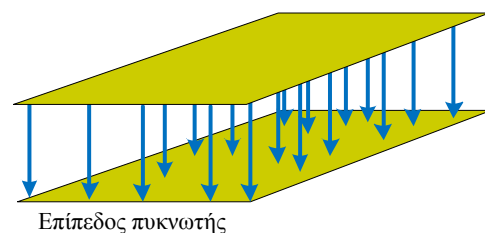
$$V_\Gamma = \frac{U_\Gamma}{q} \Rightarrow U_\Gamma = q \cdot V_\Gamma \Rightarrow U_\Gamma = 2 \cdot 10^{-9} \cdot 3,6 \cdot 10^6 \Rightarrow \mathbf{U_\Gamma = 7,2 \cdot 10^{-3} \text{ J.}}$$

ΠΥΚΝΩΤΗΣ

Ο πυκνωτής είναι η διάταξη εκείνη που μπορούμε να πετύχουμε αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας και ηλεκτρικού φορτίου. Η ικανότητα συσσώρευσης φορτίων στον πυκνωτή εκφράζεται, ποσοτικά με το φυσικό μέγεθος, που ονομάζεται **χωρητικότητα**. Επομένως:

Πυκνωτής ονομάζεται ένα σύστημα δύο αγωγών, που βρίσκονται πολύ κοντά μεταξύ τους και φορτίζονται με ίσα και ετερόνυμα ηλεκτρικά φορτία.

Οι αγωγοί που αποτελούν τον πυκνωτή ονομάζονται **οπλισμοί** του. Ο απλούστερος τύπος πυκνωτή είναι ο επίπεδος πυκνωτής.



Χαρακτηριστικά ενός πυκνωτή

Τα χαρακτηριστικά κάθε πυκνωτή είναι:

1. Το φορτίο Q του πυκνωτή

Όταν ο πυκνωτής φορτίζεται, οι οπλισμοί του αποκτούν ετερόσημα και ίσα κατ' απόλυτη τιμή ηλεκτρικά φορτία.

Το φορτίο ($+Q$) του θετικά φορτισμένου οπλισμού του πυκνωτή ονομάζεται και **φορτίο του πυκνωτή**

2. Η τάση (V) του πυκνωτή

Η διαφορά δυναμικού μεταξύ των οπλισμών ενός πυκνωτή ονομάζεται και **τάση του πυκνωτή**.

Αλλά στην πράξη ο αρνητικός οπλισμός του πυκνωτή είναι γειωμένος οπότε το δυναμικό του είναι μηδέν, οπότε έχουμε:

$$V = V^+ - V^- \text{ αλλά } V^- = 0, \text{ οπότε } V = V^+$$

Άρα η τάση του πυκνωτή είναι πάντοτε θετική και ίση με το δυναμικό του θετικού οπλισμού.

3. Χωρητικότητα (C) του πυκνωτή

Αν σε φορτισμένο πυκνωτή που έχει φορτίο Q και τάση (V) διπλασιάσουμε το φορτίο ($2Q$) τότε και η τάση διπλασιάζεται ($2V$). Έτσι πειραματικά διαπιστώνουμε ότι το πηλίκο $\frac{Q}{V}$ είναι σταθερό και καθορίζει ένα χαρακτηριστικό μέγεθος για τον πυκνωτή που ονομάζεται **χωρητικότητα (C)**. Οπότε :

Χωρητικότητα C ενός πυκνωτή είναι το φυσικό μέγεθος, που εκφράζεται με το σταθερό πηλίκο του φορτίου του ενός οπλισμού (απόλυτα) προς τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των οπλισμών του.

Δηλαδή: $C = \frac{Q}{V}$

Μονάδα χωρητικότητας στο S.I. είναι το 1F και ισχύει $1\text{Farad} = \frac{1\text{Coulomb}}{1\text{Volt}}$.

Η χωρητικότητα ενός αγωγού εξαρτάται από:

1. Τη γεωμετρική μορφή των οπλισμών του
2. Τη σχετική θέση των οπλισμών (απόσταση οπλισμών)
3. Τη διηλεκτρική σταθερά του διηλεκτρικού που υπάρχει μεταξύ των οπλισμών του.

Να τονιστεί ότι η χωρητικότητα δεν εξαρτάται από το φορτίο και την τάση που εφαρμοστεί στον πυκνωτή

ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΠΥΚΝΩΤΗ

Η χωρητικότητα σύμφωνα με τα παραπάνω υπολογίζεται από τη σχέση $C_0 = \epsilon_0 \frac{S}{\ell}$ για πυκνωτή αέρος (χωρίς διηλεκτρικό) ενώ αν έχουμε και διηλεκτρικό διηλεκτρικής σταθεράς ϵ τότε η χωρητικότητα υπολογίζεται από τη σχέση:

$$C = \epsilon \epsilon_0 \frac{S}{\ell} \quad \text{ή} \quad C = \epsilon \cdot C_0$$

όπου S το εμβαδό των οπλισμών, ℓ η απόσταση μεταξύ των οπλισμών και ϵ_0 η απόλυτη διηλεκτρική σταθερά του κενού με τιμή $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$.

Οι παραπάνω σχέσεις ισχύουν μόνο για επίπεδο πυκνωτή ενώ η σχέση $C = \frac{Q}{V}$ είναι γενική.

Το διηλεκτρικό είναι ένα μονωτικό υλικό που αυξάνει την χωρητικότητα του πυκνωτή η δε ενέργεια που καταναλώνουμε για την τοποθέτηση του διηλεκτρικού αποθηκεύεται στον πυκνωτή με μορφή ενέργειας ηλεκτρικού πεδίου

Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΠΥΚΝΩΤΗ

Η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια ενός πυκνωτή υπολογίζεται από τις σχέσεις $U = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$

Προσοχή: άλλο δυναμική ενέργεια φορτίων και άλλο δυναμική ενέργεια πυκνωτή

Έτσι λοιπόν ο τύπος της δυναμικής ενέργειας $U = \frac{kQq}{r}$ που ισχύει για σημειακά φορτία δεν ισχύει εδώ αφού έχουμε επίπεδη κατανομή φορτίου όπως επίσης δεν ισχύει και ο τύπος της δύναμης

Coulomb για να βρούμε την δύναμη που θα ασκηθεί σε φορτίο μέσα στον πυκνωτή που χρησιμοποιούμε μόνο τη σχέση $\vec{F} = \vec{E} \cdot q$ και για το μέτρο της δύναμης $F = E \cdot |q|$

Σχέση μέτρου έντασης και διαφοράς δυναμικού σε ομογενές ηλεκτροστατικό πεδίο

Διαθέτουμε ένα φορτισμένο πυκνωτή του οποίου η τάση είναι V και η απόσταση των οπλισμών του ℓ .

Έστω ότι δοκιμαστικό φορτίο $+q$, αφήνεται αρχικά πολύ κοντά στον οπλισμό (Α). Λόγω του ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου, το φορτίο δέχεται δύναμη $F = E \cdot q$, και μετακινείται μέχρι τον οπλισμό (Β). Κατά τη μετακίνηση, η δύναμη του πεδίου παράγει έργο:

$$W_{AB} = F \cdot \ell \Rightarrow W_{AB} = E \cdot q \cdot \ell \quad (1)$$

Το έργο αυτό μπορεί να υπολογισθεί και από τη σχέση:

$$W_{AB} = q \cdot V \quad (2)$$

Επομένως, από τις (1) και (2) έχουμε: $E \cdot q \cdot \ell = q \cdot V \Rightarrow E = \frac{V}{\ell}$

Από τη σχέση αυτή προκύπτει μία άλλη μονάδα μέτρησης της έντασης E του πεδίου: 1 V/m .

Η μονάδα $1 \frac{\text{V}}{\text{m}}$ είναι ίση με την μονάδα $1 \frac{\text{N}}{\text{C}}$.

Το πεδίο ανάμεσα στους οπλισμούς του πυκνωτή όπως είπαμε είναι ομογενές και ισχύει η σχέση όπως

αποδείξαμε $E = \frac{V}{\ell}$ η οποία για δύο σημεία μπορεί να γραφεί $E = \frac{V}{\ell} = \frac{V_A - V_B}{(AB)} = \frac{V_A - V_\Gamma}{(A\Gamma)} = \frac{V_B - V_\Gamma}{(B\Gamma)}$

έτσι λοιπόν αν ξέρουμε ένταση και δυναμικό σε ένα σημείο μπορούμε να βρούμε και το δυναμικό σε κάποια άλλη απόσταση.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΥΣΗ ΤΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΥΚΝΩΤΗ

Η χωρητικότητα C ενός πυκνωτή υπολογίζεται από τη σχέση: $C = \frac{Q}{V}$ όπου Q το φορτίο που αποκτά ο πυκνωτής όταν φορτιστεί με τάση V .

Η σχέση αυτή είναι γενική και μπορεί να χρησιμοποιηθεί πάντα.

Η σχέση $C = \frac{\epsilon_0 \cdot S}{\ell}$ μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο όταν η άσκηση αναφέρεται σε επίπεδο πυκνωτή.

Η ενέργεια U ενός φορτισμένου πυκνωτή μπορεί να υπολογιστεί, ανάλογα με τα δεδομένα της άσκησης, με

οποιαδήποτε από τις παρακάτω ισοδύναμες σχέσεις: $U = \frac{Q \cdot V}{2} = \frac{Q^2}{2C} = \frac{CV^2}{2}$

Θυμίζουμε ότι το φορτίο Q πρέπει να αντικατασταθεί αφού μετατραπεί σε C και η τάση V αντικαθίσταται αφού μετατραπεί σε V . Αν χρειαστεί να αντικαταστήσετε τη χωρητικότητα C , μετατρέψτε την πρώτα σε F .

Παράδειγμα 20. Ένας πυκνωτής φορτίζεται με τάση $V = 100 \text{ V}$ και αποκτά φορτίο $Q = 2 \text{ } \mu\text{C}$.

Να υπολογίσετε:

α. Τη χωρητικότητα του πυκνωτή.

β. Την ενέργεια του φορτισμένου πυκνωτή.

Λύση

α. Η χωρητικότητα C του πυκνωτή είναι: $C = \frac{Q}{V} \Rightarrow C = \frac{2 \cdot 10^{-6}}{100} \Rightarrow \mathbf{C = 2 \cdot 10^{-8} \text{ F}}$.

β. Η ενέργεια U του φορτισμένου πυκνωτή μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$U = \frac{Q \cdot V}{2} \Rightarrow U = \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 100}{2} \Rightarrow \mathbf{U = 10^{-4} \text{ J}}$$

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΝΤΑΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΠΥΚΝΩΤΗ

Η χωρητικότητα C ενός επίπεδου πυκνωτή υπολογίζεται από τη σχέση: $C = \frac{\epsilon_0 \cdot S}{\ell}$ όπου:

☞ ϵ_0 η απόλυτη διηλεκτρική σταθερά του κενού, η οποία θα δίνεται,

☞ S το εμβαδόν του ενός οπλισμού του πυκνωτή

☞ ℓ η απόσταση μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή.

Το εμβαδόν S μπορεί να υπολογιστεί, αν δε δίνεται, από γνωστές σας σχέσεις από τα μαθηματικά, ανάλογα με το σχήμα του.

☞ Για τον επίπεδο πυκνωτή μπορείτε να χρησιμοποιήσετε και τη σχέση $C = \frac{Q}{V}$.

☞ Για τον υπολογισμό της ενέργειας ενός φορτισμένου επίπεδου πυκνωτή εφαρμόστε οποιονδήποτε από

$$\text{τους τύπους } U = \frac{Q \cdot V}{2} = \frac{Q^2}{2C} = \frac{CV^2}{2}.$$

☞ Η ένταση του ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται ανάμεσα στους οπλισμούς ενός επίπεδου πυκνωτή δίνεται από τη σχέση $E = \frac{V}{\ell}$: όπου V η τάση του πυκνωτή και ℓ η απόσταση μεταξύ των οπλισμών του.

Προσέχουμε τις παρακάτω μετατροπές των μονάδων στο S.I.

☞ Το εμβαδόν S πρέπει να αντικατασταθεί, αφού μετατραπεί σε m^2 .

Ισχύουν: $1 \text{ cm}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2$, $1 \text{ mm}^2 = 10^{-6} \text{ m}^2$.

☞ Το μήκος ℓ πρέπει να αντικατασταθεί, αφού μετατραπεί σε m .

Ισχύουν: $1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$, $1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$.

Παράδειγμα 21. Οι οπλισμοί ενός επίπεδου πυκνωτή είναι τετράγωνες πλάκες πλευράς $a = 2 \text{ cm}$. Η απόσταση μεταξύ των δύο οπλισμών του πυκνωτή είναι $\ell = 17,7 \text{ mm}$. Μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή υπάρχει κενό. Ο πυκνωτής συνδέεται με πηγή τάσης $V = 88,5 \text{ V}$. Να υπολογίσετε:

α. Τη χωρητικότητα του επίπεδου πυκνωτή.

β. Το φορτίο που αποκτά ο πυκνωτής.

γ. Την ενέργεια του πυκνωτή.

δ. Το μέτρο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται ανάμεσα στους δύο οπλισμούς του πυκνωτή.

Δίνεται: $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$.

Λύση

α. Αρχικά υπολογίζουμε το εμβαδόν S του κάθε οπλισμού του πυκνωτή. Αφού έχει σχήμα τετραγώνου, για το εμβαδόν S θα ισχύει: $S = a^2 = (2 \text{ cm})^2 \Rightarrow S = 4 \text{ cm}^2 \Rightarrow S = 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$.

Η χωρητικότητα C του επίπεδου πυκνωτή είναι: $C = \frac{\epsilon_0 \cdot S}{\ell} \Rightarrow C = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 4 \cdot 10^{-4}}{17,7 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \mathbf{C = 2 \cdot 10^{-10} \text{ F}}$.

β. Το φορτίο Q που αποκτά ο πυκνωτής είναι:

$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow Q = C \cdot V \Rightarrow Q = 2 \cdot 10^{-10} \cdot 88,5 \Rightarrow \mathbf{Q = 177 \cdot 10^{-10} \text{ C}}$$

γ. Η ενέργεια U του φορτισμένου πυκνωτή είναι:

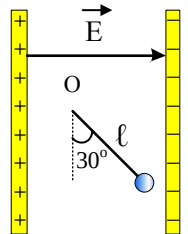
$$U = \frac{Q \cdot V}{2} \Rightarrow U = \frac{177 \cdot 10^{-10} \cdot 88,5}{2} \Rightarrow \mathbf{U = 7832,25 \cdot 10^{-10} \text{ J}}$$

δ. Η ένταση E του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται ανάμεσα στους οπλισμούς του πυκνωτή είναι:

$$E = \frac{V}{\ell} \Rightarrow E = \frac{88,5}{17,7 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \mathbf{E = 500 \text{ V/m}}$$

ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΦΟΡΤΙΣΜΕΝΟΥ ΣΩΜΑΤΙΔΙΟΥ ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΕΝΟΣ ΠΥΚΝΩΤΗ.

Παράδειγμα 22. Ανάμεσα στους δύο παράλληλους κατακόρυφους οπλισμούς ενός πυκνωτή που απέχουν μεταξύ τους απόσταση $\ell = 10 \text{ cm}$ βρίσκεται μια μικρή φορτισμένη σφαίρα δεμένη στο ένα άκρο λεπτού μονωτικού νήματος. Η μάζα της σφαίρας είναι $m = 30 \text{ g}$. Όταν μεταξύ των δύο οπλισμών του πυκνωτή εφαρμοστεί τάση $V = 100 \text{ V}$, η σφαίρα εκτρέπεται από τη θέση ισορροπίας και το νήμα σχηματίζει με την κατακόρυφο γωνία $\varphi = 30^\circ$. Να βρείτε την τιμή του φορτίου q της σφαίρας. Δίνεται: $g = 10 \text{ m/s}^2$.

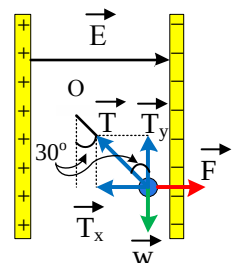


Λύση

Οι δυνάμεις που ασκούνται στη σφαίρα είναι το βάρος της $\vec{w}$, η τάση του νήματος $\vec{T}$ και η ηλεκτρική δύναμη $\vec{F}$.

Το μέτρο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου είναι: $E = \frac{V}{\ell} \Rightarrow E = \frac{100}{10^{-1}} \Rightarrow \mathbf{E = 10^3 \text{ V/m}}$.

Επιλέγουμε τους δύο κάθετους άξονες που φαίνονται στο σχήμα και αναλύουμε την τάση του νήματος T στις συνιστώσες $\vec{T}_x$ και $\vec{T}_y$. Έχουμε για τα μέτρα τους:



Έχουμε για τα μέτρα των δυνάμεων:

$$T_x = T \sin 30^\circ \quad \text{και} \quad T_y = T \cos 30^\circ$$

Αφού η σφαίρα ισορροπεί, για κάθε άξονα θα ισχύει:

$$\left. \begin{array}{l} \Sigma \vec{F}_y = 0 \\ \Sigma \vec{F}_x = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} w = T_y \\ F = T_x \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} mg = T \cos 30^\circ \\ E \cdot q = T \sin 30^\circ \end{array} \right\} \xrightarrow[\text{κατά μέλη}]{\text{Διαιρώ}} \frac{mg}{Eq} = \tan 30^\circ \Rightarrow q = \frac{mg}{E \cdot \tan 30^\circ} \Rightarrow q = \frac{30 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{10^3 \sqrt{3}} \Rightarrow$$

$$\mathbf{q = \sqrt{3} \cdot 10^{-4} \text{ C}}$$

ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΟΠΛΙΣΜΩΝ ΕΝΟΣ ΠΥΚΝΩΤΗ

Όταν σε ένα πρόβλημα αλλάζει η απόσταση μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή, τότε πολλά από τα φυσικά μεγέθη που αφορούν τον πυκνωτή αλλάζουν. Τα βήματα που ακολουθούμε για να λύσουμε μια τέτοια άσκηση είναι:

1. Διαπιστώνουμε αρχικά ποιο μέγεθος του πυκνωτή παραμένει σταθερό.

☞ Αν αποσυνδέσουμε τον πυκνωτή πρώτα από την πηγή φόρτισης και αλλάξει μετά η απόσταση μεταξύ των οπλισμών του, το φορτίο του πυκνωτή δεν αλλάζει.

☞ Αν χωρίς να αποσυνδέσουμε τον πυκνωτή από την πηγή φόρτισης αλλάξει η απόσταση μεταξύ των οπλισμών, η τάση του πυκνωτή δεν αλλάζει.

2. Για κάθε μέγεθος που μας ζητάνε να εξετάσουμε τη μεταβολή του γράφουμε την κατάλληλη σχέση δύο φορές, μία αρχικά (πριν την αλλαγή της απόστασης) και μία τελικά (μετά την αλλαγή της απόστασης) και διαιρούμε τις δύο σχέσεις.

Παράδειγμα 23. Επίπεδος πυκνωτής χωρητικότητας $C = 8 \mu\text{F}$ συνδέεται με ηλεκτρική πηγή και φορτίζεται με διαφορά δυναμικού $V = 200 \text{ V}$. Μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή υπάρχει κενό, ενώ η απόσταση τους είναι $\ell = 5 \text{ mm}$. Στη συνέχεια ο πυκνωτής αποσυνδέεται από την πηγή και η απόσταση μεταξύ των οπλισμών του διπλασιάζεται. Να βρείτε για τον πυκνωτή, πριν και μετά το διπλασιασμό της απόστασης μεταξύ των οπλισμών του:

α. Το φορτίο του.

β. Τη χωρητικότητα του.

γ. Την τάση του.

δ. Το μέτρο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου ανάμεσα στους οπλισμούς του.

ε. Την ενέργεια του.

Λύση

α. Η απόσταση μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή αλλάζει, αφού πρώτα τον αποσυνδέσουμε από την πηγή φόρτισης. Άρα το φορτίο του πυκνωτή δεν αλλάζει.

$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow Q = CV \Rightarrow Q = 8 \cdot 10^{-6} \cdot 200 \Rightarrow \mathbf{Q = 16 \cdot 10^{-4} \text{ C}}$$

Άρα και $\mathbf{Q' = Q = 16 \cdot 10^{-4} \text{ C}}$.

$$\mathbf{\beta. \text{ Χωρητικότητα: }} \quad \frac{C}{C'} = \frac{\frac{\epsilon_0 \cdot S}{\ell}}{\frac{\epsilon_0 \cdot S}{2\ell}} = 2 \Rightarrow C' = \frac{C}{2} \Rightarrow \mathbf{C' = 4 \cdot 10^{-6} \text{ F.}}$$

$$\mathbf{\gamma. \text{ Τάση: }} \quad \frac{C}{C'} = \frac{\frac{Q}{V}}{\frac{Q}{V'}} \Rightarrow 2 = \frac{V'}{V} \Rightarrow V' = 2V \Rightarrow \mathbf{V' = 400 \text{ V.}}$$

$$\text{ή } C' = \frac{Q'}{V'} \Rightarrow V' = \frac{Q'}{C'} \Rightarrow V' = \frac{16 \cdot 10^{-4}}{4 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow \mathbf{V' = 4 \cdot 10^2 \text{ V.}}$$

$$\mathbf{\delta. \text{ Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: }} \quad E = \frac{V}{\ell} \Rightarrow E = \frac{200}{5 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow \mathbf{E = 4 \cdot 10^4 \text{ V/m.}}$$

$$E' = \frac{V'}{2\ell} \Rightarrow E' = \frac{400}{10 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow \mathbf{E' = 4 \cdot 10^4 \text{ V/m.}}$$

$$\text{ή θα μπορούσαμε να πούμε: } \frac{E}{E'} = \frac{\frac{V}{\ell}}{\frac{V'}{2\ell}} = 2 \frac{V}{V'} \Rightarrow \frac{E}{E'} = 2 \frac{200}{400} \Rightarrow \frac{E}{E'} = 1 \Rightarrow E' = E \Rightarrow \mathbf{E' = 4 \cdot 10^4 \text{ V/m.}}$$

$$\mathbf{\epsilon. \text{ Ενέργεια πυκνωτή: }} \quad U = \frac{Q \cdot V}{2} \Rightarrow U = \frac{16 \cdot 10^{-4} \cdot 200}{2} \Rightarrow \mathbf{U = 16 \cdot 10^{-2} \text{ J.}}$$

$$\text{και τελικά } U' = \frac{Q' \cdot V'}{2} \Rightarrow U' = \frac{16 \cdot 10^{-4} \cdot 400}{2} \Rightarrow \mathbf{U' = 32 \cdot 10^{-2} \text{ J.}}$$

Η αύξηση της ενέργειας του πυκνωτή οφείλεται στην ενέργεια που καταναλώσαμε για να αυξήσουμε την απόσταση των οπλισμών, γιατί μεταξύ τους (οι οπλισμοί) έλκονται.

Παράδειγμα 24. Επίπεδος πυκνωτής χωρητικότητας $C = 4 \text{ } \mu\text{F}$ συνδέεται με ηλεκτρική πηγή και φορτίζεται με διαφορά δυναμικού $V = 400 \text{ V}$. Μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή υπάρχει κενό, ενώ η απόσταση τους είναι $\ell = 10 \text{ mm}$. Χωρίς να αποσυνδέσουμε τον πυκνωτή από την πηγή, υποδιπλασιάζουμε την απόσταση μεταξύ των οπλισμών του. Να βρείτε για τον πυκνωτή, πριν και μετά τον υποδιπλασιασμό της απόστασης μεταξύ των οπλισμών του:

α. Την τάση του.

β. Τη χωρητικότητα του.

γ. Το φορτίο του.

δ. Την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου ανάμεσα στους οπλισμούς του.

ε. Την ενέργεια του.

Λύση

α. Αφού η απόσταση μεταξύ των οπλισμών αλλάζει χωρίς να αποσυνδέσουμε τον πυκνωτή από την πηγή φόρτισης, η τάση μεταξύ των οπλισμών του δεν αλλάζει.

Οπότε $\mathbf{V = 400 \text{ V}}$ και $\mathbf{V' = 400 \text{ V}}$

$$\mathbf{\beta. \text{ Χωρητικότητα: } \frac{C}{C'} = \frac{\frac{\epsilon_0 \cdot S}{\ell}}{\frac{\epsilon_0 \cdot S}{\ell/2}} = \frac{1}{2} \Rightarrow C' = 2C \Rightarrow \mathbf{C' = 8 \cdot 10^{-6}}}$$

$$\mathbf{\gamma. \text{ Φορτίο: } \text{Ισχύει } Q = CV \Rightarrow Q = 4 \cdot 10^{-6} \cdot 400 \Rightarrow \mathbf{Q = 16 \cdot 10^{-4} \text{ C}}}$$

$$\frac{C}{C'} = \frac{\frac{Q}{V}}{\frac{Q}{V'}} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{Q}{Q'} \Rightarrow Q' = 2Q \Rightarrow \mathbf{Q' = 32 \cdot 10^{-4} \text{ C.}}$$

$$\mathbf{\delta. \text{ Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: } E = \frac{V}{\ell} \Rightarrow E = \frac{400}{10 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow \mathbf{E = 4 \cdot 10^4 \text{ V/m.}}$$

$$E' = \frac{V'}{\ell/2} \Rightarrow E' = \frac{400}{5 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow \mathbf{E' = 8 \cdot 10^4 \text{ V/m.}}$$

$$\mathbf{\epsilon. \text{ Ενέργεια πυκνωτή: } U = \frac{Q \cdot V}{2} \Rightarrow U = \frac{16 \cdot 10^{-4} \cdot 400}{2} \Rightarrow \mathbf{U = 32 \cdot 10^{-2} \text{ J.}}$$

$$\text{και τελικά } U' = \frac{Q' \cdot V'}{2} \Rightarrow U' = \frac{32 \cdot 10^{-4} \cdot 400}{2} \Rightarrow \mathbf{U' = 64 \cdot 10^{-2} \text{ J.}}$$

ΥΠΑΡΞΗ ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΟΠΛΙΣΜΩΝ ΕΝΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΠΥΚΝΩΤΗ

Όταν ένα πρόβλημα αναφέρεται σε επίπεδο πυκνωτή και μεταξύ των οπλισμών του υπάρχει διηλεκτρικό που καλύπτει πλήρως το χώρο αυτό, τότε η χωρητικότητά του υπολογίζεται από τη σχέση $C = \epsilon \epsilon_0 \frac{S}{\ell}$, όπου ϵ η διηλεκτρική σταθερά του διηλεκτρικού.

Επειδή $\epsilon > 1$, η χωρητικότητα του πυκνωτή αυξάνεται σε σύγκριση με τη χωρητικότητα που θα είχε ο πυκνωτής αν μεταξύ των οπλισμών του υπήρχε κενό.

Τα βήματα που ακολουθούμε στις ασκήσεις αυτές είναι:

1. Υπολογίζουμε τη χωρητικότητα του πυκνωτή, εφόσον υπάρχουν όλα τα δεδομένα, χρησιμοποιώντας την παραπάνω σχέση.
2. Για τον υπολογισμό των υπόλοιπων μεγεθών του πυκνωτή χρησιμοποιούμε οποιαδήποτε από τις σχέσεις που μάθαμε στις προηγούμενες περιπτώσεις.

Παράδειγμα 25. Ένας επίπεδος πυκνωτής είναι συνδεδεμένος με πηγή τάσης $V = 177 \text{ V}$. Μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή υπάρχει διηλεκτρικό (μονωτής) διηλεκτρικής σταθεράς $\epsilon = 8$, το οποίο καλύπτει πλήρως το χώρο αυτό. Αν το εμβαδόν κάθε οπλισμού του πυκνωτή είναι $S = 0,5 \text{ cm}^2$ και η απόσταση μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή είναι $\ell = 17,7 \text{ mm}$, να υπολογίσετε:

- α. Τη χωρητικότητα του πυκνωτή.
- β. Το φορτίο του πυκνωτή.
- γ. Το μέτρο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται ανάμεσα στους οπλισμούς του πυκνωτή.
- δ. Την ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στον πυκνωτή
Δίνεται: $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$.

Λύση

α. Η χωρητικότητα C του επίπεδου πυκνωτή είναι:

$$C = \epsilon \cdot \epsilon_0 \frac{S}{\ell} \Rightarrow C = 8 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{0,5 \cdot 10^{-4}}{17,7 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow \mathbf{C = 2 \cdot 10^{-13} \text{ F}}$$

β. Το φορτίο Q του πυκνωτή είναι: $Q = C \cdot V \Rightarrow Q = 2 \cdot 10^{-13} \cdot 177 \Rightarrow \mathbf{Q = 354 \cdot 10^{-13} \text{ C}}$.

γ. Το μέτρο της έντασης E του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται ανάμεσα στους οπλισμούς του πυκνωτή είναι: $E = \frac{V}{\ell} \Rightarrow E = \frac{177}{17,7 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow \mathbf{E = 10^4 \text{ V/m}}$.

δ. Η ενέργεια U του φορτισμένου πυκνωτή είναι: $U = \frac{Q \cdot V}{2} \Rightarrow U = \frac{354 \cdot 10^{-13} \cdot 177}{2} \Rightarrow \mathbf{U = 31329 \cdot 10^{-13} \text{ J}}$.

J.

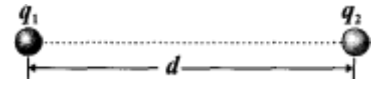
ΑΣΚΗΣΕΙΣ**ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ COULOMB**

1. Δύο σημειακά ηλεκτρικά φορτία $q_1 = +2 \mu\text{C}$ και $q_2 = -1 \mu\text{C}$ απέχουν μεταξύ τους απόσταση $d = 3 \text{ cm}$ όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα.

α. Να σχεδιάσετε τη δύναμη Coulomb που δέχεται το φορτίο q_1 από το q_2 .

β. Να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης Coulomb που σχεδιάσατε.

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



2. Δύο σώματα αμελητέων διαστάσεων που είναι φορτισμένα με αντίθετα φορτία Q_1 και Q_2 έλκονται με δύναμη Coulomb μέτρου $F = 0,9 \text{ N}$. Αν η απόσταση μεταξύ των δύο σωμάτων ισούται με $r = 0,4 \text{ m}$, να υπολογίσετε το φορτίο κάθε σώματος.

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

3. Σε δύο σημεία A και B είναι τοποθετημένα τα φορτία $Q_A = -2 \text{ mC}$ και $Q_B = -3 \mu\text{C}$ αντίστοιχα. Το μέτρο της δύναμης Coulomb με την οποία αλληλεπιδρούν τα δύο αυτά φορτία ισούται με $6 \cdot 10^2 \text{ N}$.

α. Να σχεδιάσετε τη δύναμη Coulomb που ασκεί το ένα φορτίο στο άλλο.

β. Να υπολογίσετε την απόσταση r που απέχουν μεταξύ τους τα δύο φορτία.

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

4. Δύο σημειακά φορτία $Q_1 = +3 \mu\text{C}$ και $Q_2 = +4 \mu\text{C}$ απέχουν μεταξύ τους απόσταση $r = 6 \text{ cm}$.

α. Να υπολογίσετε το πηλίκο του μέτρου της δύναμης Coulomb F_{12} που ασκεί το φορτίο Q_1 στο φορτίο Q_2 προς το μέτρο της δύναμης Coulomb F_{21} που ασκεί το φορτίο Q_2 στο φορτίο Q_1 .

β. Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις F_{12} , F_{21} και να υπολογίσετε τα μέτρα τους.

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

5. Δύο μικρές σφαίρες έχουν ίσα αρνητικά φορτία και απέχουν μεταξύ τους απόσταση $r = 0,1 \text{ m}$. Ο αριθμός των ηλεκτρονίων που πλεονάζουν σε κάθε σφαίρα είναι ίσος με $N = 2,5 \cdot 10^{13}$ ηλεκτρόνια. Να υπολογίσετε:

α. το φορτίο κάθε σφαίρας,

β. το μέτρο της δύναμης Coulomb που ασκεί η μία σφαίρα στην άλλη.

Δίνεται: $k_c = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ και $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

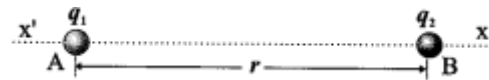
6. Δύο σημειακά φορτία $q_1 = -2 \mu\text{C}$ και q_2 βρίσκονται σε απόσταση $r = 0,2 \text{ m}$ και έλκονται με δύναμη Coulomb μέτρου $F = 2,25 \text{ N}$. Να υπολογίσετε:

α. το φορτίο q_2 ,

β. το μέτρο της δύναμης Coulomb που θα ασκείται μεταξύ των δύο φορτίων, αν η απόσταση μεταξύ τους αυξηθεί κατά $r/2$.

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

7. Στα σημεία A και B μιας ευθείας x'x που απέχουν μεταξύ τους απόσταση $r = 30 \text{ cm}$ κρατούνται ακίνητες δύο πολύ μικρές σφαίρες (1) και (2) με φορτία $q_1 = 2 \text{ } \mu\text{C}$ και $q_2 = -3 \text{ } \mu\text{C}$ αντίστοιχα,



α. Να υπολογίσετε τον αριθμό των ηλεκτρονίων που πλεονάζουν σε κάθε σφαίρα,

β. Να σχεδιάσετε τη δύναμη Coulomb που ασκεί η μία σφαίρα στην άλλη και να υπολογίσετε το μέτρο της.

γ. Να υπολογίσετε το μέτρο της συνισταμένης δύναμης που δέχεται ένα σημειακό φορτίο $q = +1 \text{ } \mu\text{C}$ από τις δύο φορτισμένες σφαίρες, αν τοποθετηθεί στο μέσο M του ευθύγραμμου τμήματος AB.

Δίνονται: $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ και $k_c = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

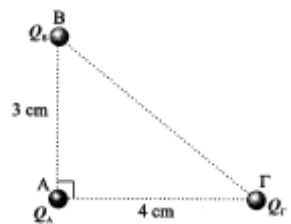
8. Δύο σημειακά φορτία $Q_1 = +1 \text{ } \mu\text{C}$ και $Q_2 = -2 \text{ } \mu\text{C}$ κρατούνται ακίνητα σε απόσταση $r = 20 \text{ cm}$. Στο μέσο της απόστασης των δύο φορτίων τοποθετούμε τρίτο σημειακό φορτίο $q = +1 \text{ } \mu\text{C}$.

α. Να υπολογίσετε τα μέτρα των δυνάμεων Coulomb F_1 και F_2 που δέχεται το φορτίο q από τα φορτία Q_1 και Q_2 αντίστοιχα.

β. Να σχεδιάσετε τα διανύσματα των δυνάμεων F_1 , F_2 και να υπολογίσετε τη συνισταμένη τους.

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

9. Στις κορυφές A, B και Γ ενός ορθογωνίου τριγώνου ABΓ ($\hat{A} = 90^\circ$) βρίσκονται τα σημειακά φορτία $Q_A = +1,6 \cdot 10^{-6} \text{ C}$, Q_B και Q_Γ αντίστοιχα με $Q_B = Q_\Gamma > 0$. Τα μήκη των κάθετων πλευρών του τριγώνου είναι $(AB) = 3 \text{ cm}$ και $(A\Gamma) = 4 \text{ cm}$. Το μέτρο της δύναμης $F_{B\Gamma}$ με την οποία αλληλεπιδρούν τα φορτία Q_B και Q_Γ ισούται με $F_{B\Gamma} = 3,6 \text{ N}$. Να υπολογίσετε:



α. την ποσότητα των φορτίων Q_B και Q_Γ ,

β. τα μέτρα των δυνάμεων F_{AB} και $F_{A\Gamma}$ που δέχεται το φορτίο Q_A από τα φορτία Q_B και Q_Γ αντίστοιχα, και να σχεδιάσετε τις δυνάμεις αυτές,

10. Στις κορυφές A, B και Γ ενός ορθογώνιου και ισοσκελούς τριγώνου ABΓ (με $A = 90^\circ$) βρίσκονται τα σημειακά φορτία $Q_A = +2 \text{ } \mu\text{C}$, $Q_B = -1,5 \text{ } \mu\text{C}$ και $Q_\Gamma = +2 \text{ } \mu\text{C}$ αντίστοιχα. Οι κάθετες πλευρές του ορθογώνιου τριγώνου έχουν η καθεμία τους μήκος $r = 3 \text{ cm}$. Να υπολογίσετε:

α. το μέτρο της δύναμης F_{AB} που ασκείται στο φορτίο Q_A από το φορτίο Q_B ,

β. το μέτρο της δύναμης $F_{\Gamma A}$ που δέχεται το φορτίο Q_Γ από το φορτίο Q_A ,

γ. το μέτρο της συνισταμένης δύναμης που δέχεται το φορτίο Q_A από τα άλλα δύο φορτία.

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

11. Δύο σημειακά φορτία $Q_1 = -2 \text{ } \mu\text{C}$ και $Q_2 = -8 \text{ } \mu\text{C}$ βρίσκονται πάνω σε μια ευθεία x'x και διατηρούνται ακίνητα στα σημεία A και B αντίστοιχα. Τα φορτία αυτά απέχουν μεταξύ τους απόσταση $d = 18 \text{ cm}$. Να βρείτε σε ποιο σημείο του ευθύγραμμου τμήματος AB πρέπει να αφήσουμε ελεύθερο ένα σημειακό φορτίο q , ώστε αυτό να ισορροπεί με την επίδραση των δύο δυνάμεων Coulomb που δέχεται από τα φορτία Q_1 και Q_2 .

12. Δύο σημειακά φορτία $q_1 = +1 \text{ } \mu\text{C}$ και $q_2 = +4 \text{ } \mu\text{C}$ βρίσκονται πάνω σε μια ευθεία x'x και διατηρούνται ακίνητα στα σημεία A και B αντίστοιχα. Τα σημεία αυτά απέχουν μεταξύ τους απόσταση $d = 12 \text{ cm}$. Υπάρχει ένα σημείο



Κ στο οποίο αν αφήσουμε ελεύθερο ένα θετικό σημειακό φορτίο q , αυτό θα ισορροπήσει με τη δράση των δύο δυνάμεων Coulomb που δέχεται από τα δύο φορτία q_1 και q_2 .

α. Να βρείτε την απόσταση του σημείου Κ από το Α.

β. Να απαντήσετε στα παραπάνω δύο ερωτήματα στην περίπτωση που τα δύο φορτία είναι $q_1 = +1 \mu\text{C}$ και $q_2 = -4 \mu\text{C}$ αντίστοιχα.

13. Δύο σημειακά φορτία $Q_1 = +3 \mu\text{C}$ και $Q_2 = -12 \mu\text{C}$ βρίσκονται πάνω σε μια ευθεία $x'x$ και διατηρούνται ακίνητα στα σημεία Α και Β αντίστοιχα. Τα φορτία αυτά απέχουν μεταξύ τους απόσταση $d = 24 \text{ cm}$. Να βρείτε σε ποιο σημείο της ευθείας $x'x$ πρέπει να αφήσουμε ελεύθερο ένα σημειακό φορτίο q , ώστε αυτό να ισορροπεί με την επίδραση των δύο δυνάμεων Coulomb που δέχεται από τα φορτία Q_1 και Q_2 .

14. Δύο όμοια πολύ μικρά μεταλλικά σφαιρίδια έχουν το καθένα βάρος $B = 0,45 \text{ N}$ και είναι στερεωμένα στις άκρες δύο αβαρών, μη έκτατων μονωτικών νημάτων που έχουν το ίδιο μήκος $\ell = 0,2 \text{ m}$. Τα άλλα άκρα των νημάτων είναι δεμένα από το ίδιο σημείο Ο στην οροφή. Το κάθε σφαιρίδιο είναι φορτισμένο με φορτίο q , οπότε απωθούνται μεταξύ τους και ισορροπούν σε τέτοια θέση, ώστε τα νήματα να σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία $\varphi = 90^\circ$, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Να υπολογίσετε:

α. το μέτρο της τάσης του νήματος που δέχεται κάθε σφαιρίδιο,

β. το φορτίο q κάθε σφαιριδίου.

Δίνονται: $k_c = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ και $\eta\mu 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$.

15. Δύο σώματα με ίσες μάζες $m_1 = m_2 = m$ και πολύ μικρές διαστάσεις είναι δεμένα σε δύο μονωτικά, αβαρή και μη εκτατά νήματα μήκους $\ell = 50 \text{ cm}$ το καθένα. Τα άλλα άκρα των δύο νημάτων δένονται σε κοινό ακλόνητο σημείο Ο. Φορτίζουμε το κάθε σώμα με φορτίο $q = +5 \mu\text{C}$ οπότε αυτά απωθούνται και ισορροπούν έτσι, ώστε τα νήματα να σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία $\varphi = 60^\circ$, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Να υπολογίσετε:

α. το μέτρο της δύναμης Coulomb που αναπτύσσεται μεταξύ των δύο σωμάτων,

β. τη μάζα m κάθε σώματος.

Δίνεται: $k_c = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ και $g = 10 \text{ m/s}^2$.

16. Δύο σημειακά φορτία Q_1 και $Q_2 = +2 \mu\text{C}$ κρατιούνται ακίνητα στα σημεία Α και Β της ευθείας $x'x$ όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Τοποθετούμε σε σημείο Γ της ίδιας ευθείας ένα τρίτο σημειακό φορτίο $q > 0$. Η απόσταση ΒΓ είναι ίση με την απόσταση ΑΒ. Η συνισταμένη των δυνάμεων Coulomb που δέχεται το φορτίο q από τα φορτία Q_1 και Q_2 είναι ίση με μηδέν.

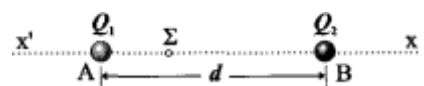
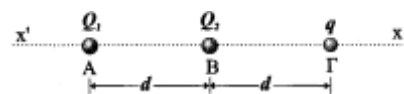
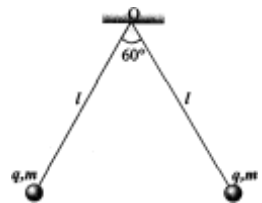
α. Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που δέχεται το φορτίο q από τ' άλλα δύο φορτία.

β. Να προσδιορίσετε το πρόσημο του φορτίου Q_1 και να δικαιολογήσετε αναλυτικά την απάντησή σας.

γ. Να υπολογίσετε το φορτίο Q_1 .

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

17. Δύο σημειακά φορτία $Q_1 > 0$ και $Q_2 = -2\mu\text{C}$ βρίσκονται στα σημεία Α, Β αντίστοιχα μιας ευθείας $x'x$ και κρατιούνται ακίνητα απέχοντας μεταξύ τους απόσταση $d = 3 \text{ cm}$. Σ' ένα σημείο Σ του ευθύγραμμου τμήματος ΑΒ που απέχει



απόσταση $d_1 = 1 \text{ cm}$ από το φορτίο Q_1 , τοποθετούμε ένα τρίτο σημειακό φορτίο $q = +1 \mu\text{C}$. Η συνισταμένη των δυνάμεων που δέχεται το φορτίο q από τ' άλλα δύο φορτία έχει μέτρο $\Sigma F = 225 \text{ N}$ και κατεύθυνση προς το φορτίο Q_2 . Να υπολογίσετε:

α. τα μέτρα των δυνάμεων Coulomb που δέχεται το φορτίο q από τα φορτία Q_1 και Q_2 ,

β. το φορτίο Q_1 .

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

18. Δύο σημειακές σφαίρες Α και Β είναι φορτισμένες με φορτία Q_A και Q_B αντίστοιχα και απέχουν μεταξύ τους απόσταση r . Η δύναμη Coulomb με την οποία αλληλεπιδρούν οι δύο σφαίρες έχει μέτρο $F = 10 \text{ N}$

α. Αν οι σφαίρες μετακινηθούν ώστε να απέχουν μεταξύ τους διπλάσια απόσταση ($r' = 2r$), τότε να υπολογίσετε το νέο μέτρο της δύναμης Coulomb με την οποία αλληλεπιδρούν.

β. Φέρνοντας τις δύο σφαίρες σε επαφή μεταφέρονται $N = 2,5 \cdot 10^{13}$ ηλεκτρόνια από τη σφαίρα Β στη σφαίρα Α, οπότε και οι δύο σφαίρες εκφορτίζονται. Να υπολογίσετε:

i. τα φορτία Q_A και Q_B των σφαιρών,

ii. την αρχική τους απόσταση r .

Δίνονται: $k_c = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ και $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

19. Δύο θετικά σημειακά φορτία $Q_1 = +2 \mu\text{C}$ και $Q_2 = +8 \mu\text{C}$ διατηρούνται ακίνητα στα σημεία Α και Β αντίστοιχα μιας ευθείας $x'x$ απέχοντας μεταξύ τους απόσταση d . Η δύναμη Coulomb που ασκεί το ένα φορτίο στο άλλο έχει μέτρο $F = 10 \text{ N}$. Αφήνουμε ελεύθερο σε σημείο Κ της ευθείας $x'x$ ένα τρίτο σημειακό φορτίο q , και αυτό ισορροπεί με τη δράση των δυνάμεων Coulomb που δέχεται από τ' άλλα δύο φορτία Q_1 και Q_2 .

α. Να δικαιολογήσετε γιατί το σημείο Κ πρέπει να βρίσκεται ανάμεσα στα σημεία Α, Β και πιο κοντά στο σημείο Α.

β. Να υπολογίσετε την απόσταση x του σημείου Κ από το σημείο Α.

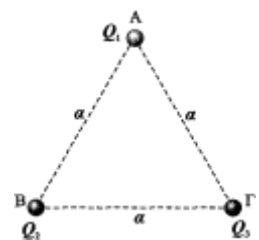
20. Στις κορυφές Α, Β και Γ ισόπλευρου τριγώνου με πλευρά $a = 0,3 \text{ m}$ κρατούνται ακίνητα τα σημειακά φορτία $Q_1 = -1 \mu\text{C}$, $Q_2 = +2 \mu\text{C}$ και $Q_3 = +1 \mu\text{C}$ αντίστοιχα.

α. Να υπολογίσετε το πηλίκο των μέτρων των δυνάμεων F_{21} και F_{23} που δέχεται το φορτίο Q_2 από τα φορτία Q_1 και Q_3 αντίστοιχα.

β. Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις F_{21} και F_{23} .

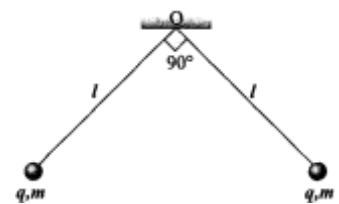
γ. Να υπολογίσετε το μέτρο της συνισταμένης των δυνάμεων F_{21} και F_{23} .

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



21. Δύο σώματα με πολύ μικρές διαστάσεις και ίσες μάζες $m = 20 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$ δένονται στα άκρα δύο αβαρών, μη έκτατων, μονωτικών νημάτων που το καθένα έχει μήκος $\ell = 0,3 \text{ m}$. Τα άλλα άκρα των νημάτων δένονται μαζί σε κοινό ακλόνητο σημείο Ο στην οροφή. Αν φορτίσουμε τα σώματα με ίσα αρνητικά φορτία, αυτά απωθούνται και ισορροπούν έτσι, ώστε τα νήματα να σχηματίζουν γωνία $\varphi = 90^\circ$ μεταξύ τους όπως φαίνεται στο σχήμα. Να υπολογίσετε:

α. το μέτρο της τάσης κάθε νήματος,

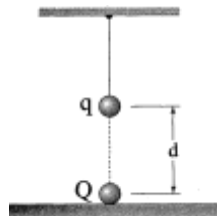


- α. Να υπολογίσετε τη δύναμη που ασκείται σε καθένα φορτίο.
 β. Να βρείτε τη συνολική δύναμη που ασκείται στο φορτίο q_3 , αν σημειακό φορτίο $q_3 = 10 \mu\text{C}$ τοποθετηθεί επί της ευθείας που ορίζουν τα σημειακά φορτία q_1 και q_2 ,
 i. δεξιά του φορτίου q_1 ή ii. αριστερά του φορτίου q_1 , σε απόσταση $x = 10 \text{ cm}$ από το q_1 .
 Δίνεται: $k_C = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$

- 27.** Δύο σημειακά φορτία $Q_1 = 40 \mu\text{C}$ και $Q_2 = 10 \mu\text{C}$ είναι τοποθετημένα στα άκρα A, B ευθύγραμμου τμήματος AB μήκους $r = 6 \text{ cm}$.
 α. Να βρείτε σε πόση απόσταση από το Q_1 πρέπει να τοποθετηθεί ένα φορτισμένο σωματίδιο, ώστε η συνισταμένη ηλεκτρική δύναμη που δέχεται να είναι μηδέν.
 β. Να υπολογίσετε την αρχική επιτάχυνση του σωματιδίου, αν τοποθετηθεί στο μέσο M του AB. Δίνεται το φορτίο $q = 1 \mu\text{C}$ και η μάζα $m = 2 \text{ mg}$ του σωματιδίου.
 Δίνεται: $k_C = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$

- 28.** Δύο ίσες μικρές μεταλλικές σφαίρες έχουν φορτία $Q_1 = 10 \mu\text{C}$, $Q_2 = 50 \mu\text{C}$ και βρίσκονται σε απόσταση $r = 30 \text{ cm}$ μεταξύ τους. Φέρουμε σε επαφή τις δύο σφαίρες και στη συνέχεια τις τοποθετούμε στις αρχικές τους θέσεις. Να υπολογίσετε τη δύναμη που ασκεί η μια σφαίρα στην άλλη
 α. πριν και β. μετά την επαφή τους.
 Δίνεται: $k_C = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$

- 29.** Μια μικρή φορτισμένη σφαίρα μάζας $m = 1 \text{ g}$ και φορτίου $q = -2 \mu\text{C}$ ισορροπεί κρεμασμένη στο άκρο λεπτού μονωτικού νήματος, το άλλο άκρο του οποίου στερεώνεται στην οροφή, όπως φαίνεται στο σχήμα. Μια άλλη μικρή σφαίρα η οποία έχει φορτίο $Q = 20 \mu\text{C}$ τοποθετείται κάτω από την πρώτη σφαίρα, στην κατακόρυφο που περνάει από αυτήν και σε απόσταση $d = 3 \text{ m}$. Να υπολογίσετε:
 α. Τη δύναμη Coulomb
 β. Την τάση του νήματος.
 Δίνεται: $k_C = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$



- 30.** Δύο μικρές σφαίρες που καθεμιά έχει φορτίο $Q = +1 \mu\text{C}$ και μάζα m είναι κρεμασμένες από το ίδιο σημείο με δύο μονωτικά νήματα μήκους $\ell = 10 \text{ cm}$ το καθένα. Το σύστημα ισορροπεί σε τέτοια θέση, ώστε οι δύο σφαίρες να βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο και τα νήματα να είναι κάθετα μεταξύ τους. Να υπολογίσετε τη μάζα κάθε σφαίρας.
 Δίνεται: $k_C = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ και $g = 10 \text{ m/s}^2$.

ΕΝΤΑΣΗ

- 31.** Ένα φορτίο $Q = +2 \mu\text{C}$ βρίσκεται σε σημείο A και δημιουργεί γύρω του ηλεκτρικό πεδίο.
 α. Να υπολογίσετε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου σε σημείο B που απέχει απόσταση $r = 0,3 \text{ m}$ από το φορτίο πηγή Q.
 β. Να υπολογίσετε τη δύναμη που δέχεται ένα φορτίο $q = -4 \mu\text{C}$, αν τοποθετηθεί στο σημείο B.
 Δίνεται: $k_C = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

32. Η δύναμη που δέχεται ένα σημειακό φορτίο $q = +2 \mu\text{C}$ το οποίο τοποθετείται σε σημείο Α ηλεκτρικού πεδίου έχει μέτρο $F = 0,1 \text{ N}$. Απομακρύνουμε το φορτίο q και στη θέση του (σημείο Α) τοποθετούμε ένα άλλο σημειακό φορτίο $q_1 = -4,5 \mu\text{C}$. Να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης που δέχεται το φορτίο q_1 .

33. Σημειακό φορτίο πηγή Q δημιουργεί στο χώρο γύρω του ηλεκτρικό πεδίο. Σε σημείο Α που απέχει απόσταση $r = 0,1 \text{ m}$ από το φορτίο αυτό, η ένταση του πεδίου έχει μέτρο $E = 90 \text{ N/C}$ και κατεύθυνση προς το φορτίο Q . Να υπολογίσετε το φορτίο Q .
Δίνεται: $k_c = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

34. Σημειακό φορτίο $Q = -10^{-8} \text{ C}$ δημιουργεί στο χώρο γύρω του ηλεκτρικό πεδίο. Το μέτρο της έντασης του πεδίου σε σημείο Α που απέχει απόσταση d από το φορτίο Q ισούται με $E = 9 \cdot 10^3 \text{ N/C}$
α. Να σχεδιάσετε το διάνυσμα της έντασης του πεδίου στο σημείο Α.

β. Να υπολογίσετε την απόσταση d .

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

35. Ηλεκτρικό σημειακό φορτίο $Q = +2 \text{ nC}$ είναι ακίνητο σε σημείο Α και δημιουργεί στο χώρο γύρω του ηλεκτρικό πεδίο.

α. Να υπολογίσετε το μέτρο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργεί το φορτίο Q σε σημείο Β, το οποίο απέχει απόσταση $d = 20 \text{ cm}$ από το φορτίο Q .

β. Τοποθετούμε ένα ηλεκτρικό φορτίο $q = -1 \mu\text{C}$ στο σημείο Β. Να προσδιορίσετε την κατεύθυνση και το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης που δέχεται το φορτίο αυτό από το φορτίο πηγή Q .

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

36. Ακλόνητο σημειακό ηλεκτρικό φορτίο Q δημιουργεί ηλεκτρικό πεδίο. Σε σημείο Α του πεδίου τοποθετούμε σημειακό φορτίο $q = +3 \mu\text{C}$, οπότε αυτό δέχεται ελκτική δύναμη μέτρου $F = 15 \text{ N}$ από το φορτίο Q . Να υπολογίσετε:

α. το μέτρο της έντασης του πεδίου στο σημείο Α,

β. το φορτίο Q , αν η απόσταση του σημείου Α από το φορτίο αυτό ισούται με $r = 0,9 \text{ m}$.

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

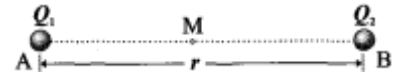
37. Σημειακό φορτίο Q δημιουργεί στο χώρο γύρω του ηλεκτρικό πεδίο. Σε σημείο Α του πεδίου που απέχει απόσταση $d = 5 \text{ cm}$ από το φορτίο Q , η ένταση του πεδίου έχει μέτρο $E = 18 \cdot 10^3 \text{ N/C}$ και κατεύθυνση προς το φορτίο Q .

α. Να βρείτε το πρόσημο και την ποσότητα του φορτίου Q .

β. Αν τοποθετήσουμε στο σημείο Α ένα σημειακό φορτίο q , τότε η δύναμη Coulomb που δέχεται από το φορτίο Q έχει μέτρο $F = 36 \cdot 10^{-9} \text{ N}$ και κατεύθυνση αντίθετη της έντασης του πεδίου στο σημείο αυτό. Να προσδιορίσετε το πρόσημο και να υπολογίσετε την ποσότητα του φορτίου q .

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

38. Στα άκρα A και B ενός ευθύγραμμου τμήματος AB τοποθετούνται ακλόνητα τα σημειακά φορτία $Q_1 = +2 \mu\text{C}$ και $Q_2 = -4 \mu\text{C}$ αντίστοιχα. Το μήκος (AB) του ευθύγραμμου τμήματος ισούται με $r = 0,3 \text{ m}$. Να υπολογίσετε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργούν τα φορτία Q_1 και Q_2 στο μέσο M του AB. Δίνεται: $k_c = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.



39. Στα σημεία A και B μιας ευθείας x'x βρίσκονται δύο ακλόνητα, ίσα σημειακά φορτία $Q_1 = Q_2 = +4 \mu\text{C}$ που απέχουν μεταξύ τους απόσταση (AB) = $d = 9 \text{ cm}$. Να υπολογίσετε το μέτρο της έντασης του πεδίου των δύο φορτίων:

α. σε σημείο Γ της ευθείας x'x που απέχει από το σημείο A απόσταση $r_1 = 3 \text{ cm}$ και από το σημείο B απόσταση $r_2 = 6 \text{ cm}$,

β. σε σημείο Δ της ευθείας x'x που απέχει από το σημείο A απόσταση $d_1 = 3 \text{ cm}$ και από το σημείο B απόσταση $d_2 = 12 \text{ cm}$.

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

40. Δύο θετικά σημειακά φορτία Q_1 και Q_2 με $Q_1 = 4Q_2$ βρίσκονται αντίστοιχα στα σημεία A και B μιας ευθείας x'x και απέχουν μεταξύ τους απόσταση $d = 18 \text{ cm}$. Να βρείτε τη θέση ενός σημείου Σ της ευθείας x'x, εκτός από το άπειρο, στο οποίο η ένταση του πεδίου που δημιουργούν τα δύο αυτά φορτία ισούται με μηδέν.

41. Δύο ετερόνυμα σημειακά φορτία $Q_1 = +2\mu\text{C}$ και $Q_2 = -18 \mu\text{C}$ βρίσκονται στα σημεία A και B αντίστοιχα μιας ευθείας x'x και απέχουν μεταξύ τους απόσταση $d = 10 \text{ cm}$.

α. Να βρείτε τη θέση ενός σημείου Σ της ευθείας x'x, εκτός από το άπειρο, στο οποίο η ένταση του πεδίου που δημιουργούν τα δύο αυτά φορτία ισούται με μηδέν.

β. Τοποθετούμε ένα σημειακό δοκιμαστικό φορτίο στο σημείο Σ. Να εξηγήσετε αν το φορτίο αυτό θα ισορροπήσει με τη δράση των δυνάμεων που δέχεται από τα φορτία Q_A και Q_B .

42. Στις κορυφές A και Γ ενός τετραγώνου ABΓA πλευράς $a = 10 \text{ cm}$ τοποθετούνται τα σημειακά φορτία $Q_1 = +2\mu\text{C}$ και $Q_3 = +2 \mu\text{C}$ αντίστοιχα,

α. Να υπολογίσετε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργούν τα δύο ηλεκτρικά φορτία στην κορυφή Δ του τετραγώνου,

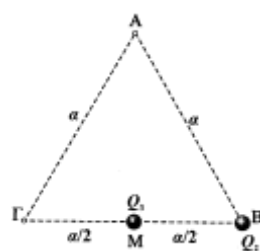
β. Να βρείτε το φορτίο Q_2 που πρέπει να τοποθετήσουμε στην κορυφή B του τετραγώνου, ώστε η ένταση του πεδίου που δημιουργούν τα τρία φορτία Q_1 , Q_2 και Q_3 στην κορυφή Δ να ισούται με μηδέν.

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

43. Στην κορυφή B ενός ισόπλευρου τριγώνου πλευράς $a = 0,3 \text{ m}$ τοποθετείται ένα σημειακό φορτίο $Q_2 = -12 \mu\text{C}$. Ένα δεύτερο σημειακό φορτίο Q_3 τοποθετείται στο μέσο M της πλευράς BΓ. Η ένταση του πεδίου που δημιουργούν τα δύο φορτία Q_2 και Q_3 στην κορυφή Γ έχει μέτρο $E_{23} = 4 \cdot 10^5 \text{ N/C}$ και κατεύθυνση προς την κορυφή B.

α. Να υπολογίσετε το φορτίο Q_3 .

β. Τοποθετούμε ένα τρίτο σημειακό φορτίο $Q_1 = -4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ στην κορυφή A. Να υπολογίσετε την ένταση του πεδίου που δημιουργούν τα τρία φορτία στην κορυφή Γ.



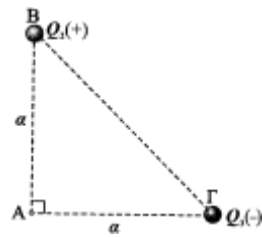
Δίνεται: $k_c = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

44. Στις κορυφές B και Γ ενός ισοσκελούς και ορθογώνιου τριγώνου ABΓ ($A = 90^\circ$) βρίσκονται ακίνητα δύο σημειακά φορτία $Q_2 = +3\mu\text{C}$ και $Q_3 = -4\mu\text{C}$ αντίστοιχα. Οι ίσες πλευρές του τριγώνου (AB) και (ΑΓ) έχουν μήκος $a = 30 \text{ cm}$. Να υπολογίσετε:

α. την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργούν τα δύο φορτία στην κορυφή Α του τριγώνου,

β. το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης που θα δεχθεί ένα θετικό σημειακό φορτίο $q = +10 \mu\text{C}$ αν τοποθετηθεί στην κορυφή Α.

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



45. Δύο σημειακά φορτία $Q_1 = +4\mu\text{C}$ και $Q_2 = 16 \mu\text{C}$ κρατιούνται ακίνητα στα σημεία A και B αντίστοιχα τα οποία απέχουν μεταξύ τους απόσταση $d = 10 \text{ cm}$.

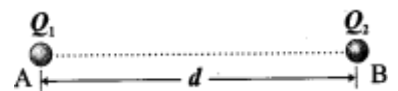
α. Να υπολογίσετε:

i. την ένταση του πεδίου που δημιουργεί το φορτίο Q_1 στο σημείο B,

ii. το μέτρο της έντασης του πεδίου που δημιουργούν τα δύο φορτία Q_1 και Q_2 στο μέσο M του ευθύγραμμου τμήματος AB.

β. Σε σημείο Γ του ευθύγραμμου τμήματος AB τοποθετούμε σημειακό φορτίο $q = +4 \mu\text{C}$. Το μέτρο της συνισταμένης δύναμης που δέχεται το φορτίο αυτό από τα φορτία Q_1 και Q_2 ισούται με $\Sigma F = 450 \text{ N}$. Να υπολογίσετε το μέτρο της έντασης του πεδίου που δημιουργούν τα δύο φορτία Q_1 και Q_2 στο σημείο Γ.

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



46. Δύο ακλόνητα σημειακά φορτία $+Q$ και $-Q$ με $Q = 10^{-6} \text{ C}$ είναι τοποθετημένα στα σημεία A και B, όπως φαίνεται στο σχήμα. Η απόσταση AB είναι ίση με $0,4 \text{ m}$. Δίνεται η σταθερά $k_c = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

Αφού μεταφέρετε το σχήμα στο τετράδιο σας:

α. να υπολογίσετε τη δύναμη που ασκεί το ένα φορτίο στο άλλο και να σχεδιάσετε τις δυνάμεις αυτές,

β. να υπολογίσετε και να σχεδιάσετε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου που οφείλεται στα δύο φορτία στο σημείο Γ μεταξύ των σημείων A και B, που απέχει απόσταση ίση με $AB/4$ από το σημείο A,

γ. να υπολογίσετε και να σχεδιάσετε τη δύναμη που ασκείται σε σημειακό φορτίο $q = -2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ στο σημείο Γ θεωρώντας ότι το φορτίο q δεν επηρεάζει το ηλεκτρικό πεδίο.



Προαγωγικές εξετάσεις Β 'Λυκείου - Ιούνιος 2001

47. Δύο ακίνητα σημειακά φορτία $Q_1 = +4\mu\text{C}$ και $Q_2 = +3\mu\text{C}$ είναι τοποθετημένα ακλόνητα στα σημεία A και B και απέχουν μεταξύ τους απόσταση $d = 5 \text{ cm}$. Να υπολογίσετε το μέτρο της έντασης του πεδίου που δημιουργούν τα δύο φορτία:

α. σε σημείο K, το οποίο απέχει από το φορτίο Q_1 απόσταση 2 cm και από το φορτίο Q_2 απόσταση 3 cm ,

β. σε σημείο M που απέχει από το φορτίο Q_1 απόσταση 4 cm και από το φορτίο Q_2 απόσταση 3 cm ,

γ. σε σημείο Δ της μεσοκαθέτου του ευθύγραμμου τμήματος AB που απέχει από το κάθε φορτίο απόσταση $d = 5 \text{ cm}$.

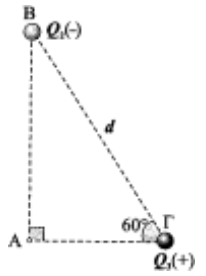
Δίνεται: $k_c = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

48. Δύο σημειακά φορτία $Q_2 = -3 \mu\text{C}$ και $Q_3 = +1 \mu\text{C}$ είναι στερεωμένα στις κορυφές B και Γ αντίστοιχα ενός ορθογώνιου τριγώνου ABΓ ($A = 90^\circ$), η υποτείνουσα του οποίου ισούται με $d = 0,3 \text{ m}$, όπως φαίνεται στο σχήμα. Να υπολογίσετε:

α. το μέτρο της δύναμης Coulomb που ασκεί το ένα φορτίο στο άλλο,

β. την ένταση του πεδίου των δύο φορτίων Q_2 και Q_3 , στην κορυφή A του τριγώνου.

Δίνεται: $k_c = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$, $\eta\mu 30^\circ = 0,5$ και $\sigma\upsilon\nu 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$.



49. Δύο σημειακά φορτία Q_1 και Q_2 είναι τοποθετημένα ακλόνητα στα σημεία A και B μιας ευθείας x'x και απέχουν μεταξύ τους απόσταση $r = 8 \text{ cm}$.

α. Να εξετάσετε αν η ένταση του πεδίου που δημιουργούν τα φορτία Q_1 και Q_2 μπορεί να είναι ίση με μηδέν σε κάποιο σημείο (εκτός από το άπειρο) που δεν ανήκει στην ευθεία x'x. Να δικαιολογήσετε αναλυτικά την απάντησή σας.

β. Να βρείτε την ακριβή θέση του σημείου Σ στο οποίο η ένταση του πεδίου που δημιουργούν τα δύο φορτία Q_1 και Q_2 είναι ίση με μηδέν, στις περιπτώσεις που:

i. $Q_1 = 9Q_2$, ii. $Q_1 = +2 \mu\text{C}$ και $Q_2 = -8 \mu\text{C}$.

50. Δύο ίσα σημειακά φορτία $Q = -2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ είναι τοποθετημένα στις κορυφές B και Γ ενός ορθογώνιου και ισοσκελούς τριγώνου ABΓ ($A = 90^\circ$). Το μέτρο της δύναμης Coulomb με την οποία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους τα δύο φορτία ισούται με $F = 18 \cdot 10^{-7} \text{ N}$. Να υπολογίσετε:

α. το μήκος των κάθετων πλευρών του τριγώνου,

β. την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργούν τα φορτία Q_1 και Q_2 στην κορυφή A του τριγώνου,

γ. την αρχική επιτάχυνση που θ' αποκτήσει ένα σημειακό αντικείμενο μάζας $m = 7,2 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$ και φορτίου $q = -2\sqrt{2} \mu\text{C}$, αν το αφήσουμε ελεύθερο να κινηθεί από την κορυφή A του τριγώνου.

Δίνεται: $k_c = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$. Οι βαρυτικές αλληλεπιδράσεις είναι αμελητέες.

51. Στις κορυφές A και Γ ενός τετραγώνου ABΓΔ πλευράς $a = 10 \text{ cm}$ είναι τοποθετημένα ακλόνητα τα σημειακά φορτία $Q_1 = Q_3 = +2 \mu\text{C}$. Να υπολογίσετε:

α. το λόγο των μέτρων των εντάσεων E_1 και E_3 $\left(\frac{E_1}{E_3} \right)$ που οφείλονται στα φορτία Q_1 και Q_3 αντίστοιχα στο

κέντρο K του τετραγώνου,

β. την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργούν τα φορτία Q_1 και Q_3 στην κορυφή Δ του τετραγώνου,

γ. το φορτίο Q_2 που πρέπει να τοποθετήσουμε στην κορυφή B του τετραγώνου έτσι, ώστε στην κορυφή Δ η ένταση του πεδίου που δημιουργούν τα τρία φορτία Q_1 , Q_2 και Q_3 , να είναι ίση με μηδέν.

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

ΟΜΟΓΕΝΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

52. Μια μικρή φορτισμένη σφαίρα μάζας $m = 30 \text{ mg}$ ισορροπεί μέσα σε κατακόρυφο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο έντασης $E = 1.500 \text{ N/C}$.

α. Να βρείτε το φορτίο της σφαίρας.

β. Αν η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου υποδιπλασιαστεί, ποιο θα είναι το μέτρο της επιτάχυνσης της σφαίρας; Δίνεται: $g = 10 \text{ m/s}^2$.

53. Μια μεταλλική ομοιόμορφα φορτισμένη σφαίρα μάζας $m = 0,5 \text{ kg}$ βρίσκεται πάνω σε μια ζυγαριά. Ολόκληρο το σύστημα βρίσκεται μέσα σε κατακόρυφο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο έντασης $E = 5.000 \text{ N/C}$ και φοράς προς τα κάτω. Να προσδιορίσετε το είδος και την τιμή του φορτίου της σφαίρας αν γνωρίζετε ότι η ένδειξη της ζυγαριάς είναι μηδέν. Να θεωρήσετε ότι δεν υπάρχει διαρροή φορτίου από τη σφαίρα. Δίνεται: $g = 10 \text{ m/s}^2$.

54. Μια μικρή σφαίρα μάζας $m = 5 \text{ g}$ έχει φορτίο $q = 4 \text{ } \mu\text{C}$ και ισορροπεί κρεμασμένη από λεπτό μονωτικό νήμα μέσα σε κατακόρυφο ηλεκτρικό πεδίο. Η ένταση του πεδίου έχει κατεύθυνση προς τα κάτω και μέτρο $E = 2.500 \text{ N/C}$. Να βρείτε την τάση του νήματος. Δίνεται: $g = 10 \text{ m/s}^2$.

55. Μια μικρή φορτισμένη σφαίρα μάζας $m = 3 \text{ g}$ κρέμεται από την άκρη λεπτού μονωτικού νήματος. Όταν το εκκρεμές τοποθετηθεί μέσα σε οριζόντιο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο, η σφαίρα ισορροπεί σε τέτοια θέση ώστε το νήμα του εκκρεμούς να σχηματίζει γωνία 30° με την κατακόρυφο. Αν η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου είναι $E = 1000\sqrt{3} \text{ N/C}$, να βρείτε το φορτίο q της σφαίρας. Δίνεται: $g = 10 \text{ m/s}^2$.

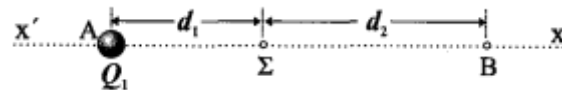
56. Μια μικρή φορτισμένη σφαίρα μάζας $m = 60 \text{ g}$ και φορτίου $q = 40 \text{ } \mu\text{C}$ κρέμεται από την άκρη λεπτού μονωτικού νήματος. Το εκκρεμές τοποθετείται μέσα σε οριζόντιο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο. Αν το όριο θραύσης του νήματος είναι $T = 1 \text{ N}$, να βρείτε ποια είναι η μέγιστη τιμή της έντασης E που μπορεί να έχει το ηλεκτρικό πεδίο έτσι ώστε να μην κοπεί το νήμα. Δίνεται: $g = 10 \text{ m/s}^2$.

57. Ανάμεσα σε δύο κατακόρυφες παράλληλες μεταλλικές πλάκες δημιουργείται ομογενές ηλεκτρικό πεδίο έντασης $E = 3.000 \text{ N/C}$. Μια σφαίρα μάζας $m = 9 \text{ g}$ έχει φορτίο $q = 3 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ και είναι κρεμασμένη στο ένα άκρο λεπτού και αβαρούς νήματος το άλλο άκρο του οποίου είναι σταθερά εξαρτημένο στη θετική πλάκα. Το εκκρεμές βρίσκεται μέσα στο πεδίο που δημιουργούν οι δύο κατακόρυφες πλάκες, οι οποίες απέχουν απόσταση $d = 20\sqrt{2} \text{ cm}$. Να βρείτε ποιο πρέπει να είναι το μήκος του νήματος του εκκρεμούς, έτσι ώστε η σφαίρα του εκκρεμούς να ισορροπεί ακριβώς στο μέσο της απόστασης μεταξύ των δύο πλακών. Δίνεται: $g = 10 \text{ m/s}^2$.

ΔΥΝΑΜΙΚΟ – ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

58. Ακλόνητο σημειακό φορτίο $Q_1 = -2 \text{ } \mu\text{C}$ βρίσκεται σε σημείο Α μιας ευθείας $x'x$ και δημιουργεί γύρω του ηλεκτρικό πεδίο.

α. Να υπολογίσετε το δυναμικό του πεδίου που δημιουργεί το φορτίο



αυτό σε σημείο Σ της ευθείας που απέχει από το σημείο Α απόσταση $d_1 = 20 \text{ cm}$.

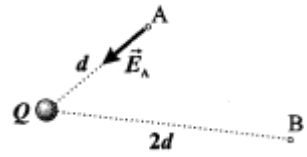
β. Σε σημείο Β της ευθείας $x'x$ που απέχει από το σημείο Σ απόσταση $d_2 = 30 \text{ cm}$ τοποθετούμε ένα φορτίο $Q_2 = +6 \text{ } \mu\text{C}$. Να υπολογίσετε:

i. τη δυναμική ενέργεια του συστήματος των δύο φορτίων Q_1 και Q_2 ,

ii. το δυναμικό του πεδίου που δημιουργούν και τα δύο φορτία μαζί στο σημείο Σ.

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

59. Ακίνητο σημειακό φορτίο Q δημιουργεί στο χώρο γύρω του ηλεκτροστατικό πεδίο. Σε σημείο A του πεδίου, το οποίο απέχει απόσταση $d = 0,2 \text{ m}$ από το φορτίο Q , η ένταση του πεδίου έχει μέτρο $E_A = 9 \cdot 10^5 \text{ N/C}$ και φορά προς το φορτίο Q . Να υπολογίσετε:



α. το δυναμικό του πεδίου στο σημείο A ,

β. τη δυναμική ενέργεια ενός σημειακού φορτίου $q = -4 \mu\text{C}$ που τοποθετούμε στο σημείο A ,

γ. το έργο της δύναμης του πεδίου κατά τη μετακίνηση του φορτίου q από το σημείο A στο σημείο B .

Εξαρτάται η τιμή του έργου που υπολογίσατε από τη διαδρομή που ακολουθήθηκε κατά τη μετακίνηση αυτή;

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

60. Ένα σημειακό φορτίο $q = -2 \mu\text{C}$ βρίσκεται μέσα σε ηλεκτροστατικό πεδίο και μετακινείται από ένα σημείο A του πεδίου μέχρι το άπειρο. Το έργο της δύναμης του πεδίου που ασκείται στο φορτίο κατά την παραπάνω μετακίνηση ισούται με $W_{F_{\eta\lambda}(A \rightarrow \infty)} = -0,1 \text{ J}$. Να υπολογίσετε:

α. τη δυναμική ενέργεια του φορτίου q , όταν βρίσκεται στο σημείο A του πεδίου,

β. το δυναμικό του σημείου A ,

γ. το έργο της δύναμης του ηλεκτροστατικού πεδίου που δέχεται ένα σημειακό φορτίο $q_1 = +5 \mu\text{C}$ κατά τη μετακίνηση του από το άπειρο μέχρι το σημείο A του πεδίου.

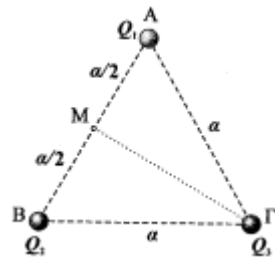
Δίνεται: $k_c = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$

61. Στις κορυφές A , B και Γ ενός ισόπλευρου τριγώνου $AB\Gamma$ πλευράς $a = 0,1 \text{ m}$ βρίσκονται τρία σημειακά φορτία $Q_1 = -2 \mu\text{C}$, $Q_2 = -1 \mu\text{C}$ και $Q_3 = +2\sqrt{3} \mu\text{C}$ αντίστοιχα. Να υπολογίσετε:

α. το δυναμικό του πεδίου που δημιουργούν τα φορτία Q_1 και Q_2 στο σημείο Γ ,

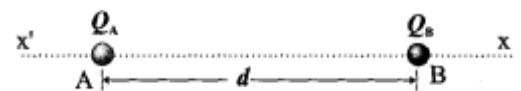
β. το δυναμικό του πεδίου που δημιουργούν τα τρία φορτία στο μέσο M της πλευράς AB ,

γ. το έργο που απαιτείται για να μετακινήσουμε το φορτίο Q_3 από το σημείο Γ που βρίσκεται μέχρι το άπειρο, διατηρώντας τ' άλλα δύο φορτία ακλόνητα.



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

62. Στα σημεία A και B μιας ευθείας $x'x$ είναι τοποθετημένα αντίστοιχα τα σημειακά φορτία $Q_A = +1 \mu\text{C}$ και $Q_B = -4 \mu\text{C}$. Η απόσταση μεταξύ των σημείων A και B ισούται με $(AB) = d = 15 \text{ cm}$. Να υπολογίσετε τις θέσεις των σημείων της ευθείας $x'x$ (εκτός από το άπειρο) στα οποία το δυναμικό του πεδίου που δημιουργούν τα φορτία Q_A και Q_B είναι ίσο με μηδέν.



63. Δύο σημειακά φορτία $q_1 = +2 \mu\text{C}$ και $q_2 = -1 \mu\text{C}$ βρίσκονταν στα σημεία A και B αντίστοιχα και απέχουν μεταξύ τους απόσταση $r = 0,9 \text{ m}$. Να υπολογίσετε τη δυναμική ενέργεια των δύο φορτίων.

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

64. Σημειακό ηλεκτρικό φορτίο Q δημιουργεί στο χώρο γύρω του ηλεκτρικό πεδίο. Το δυναμικό του πεδίου σε σημείο A που απέχει απόσταση $r = 0,9 \text{ m}$ από το φορτίο Q ισούται με $V_A = -4 \text{ V}$. Να υπολογίσετε το φορτίο Q . Δίνεται: $k_c = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$

65. Σημειακό ηλεκτρικό φορτίο $Q = +2 \text{ } \mu\text{C}$ δημιουργεί στο χώρο γύρω του ηλεκτρικό πεδίο. Να υπολογίσετε:

α. το δυναμικό του πεδίου αυτού σε σημείο A που απέχει απόσταση $r = 0,1 \text{ m}$ από το φορτίο πηγή Q ,

β. τη δυναμική ενέργεια που αποκτά ένα σημειακό φορτίο $q = -5 \text{ } \mu\text{C}$, αν τοποθετηθεί στο σημείο A .

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

66. Ένα σημειακό φορτίο $q = +3 \mu\text{C}$ μετακινείται μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο και μεταβαίνει από σημείο A που έχει δυναμικό $V_A = +5000 \text{ V}$ σε σημείο B που έχει δυναμικό $V_B = +4000 \text{ V}$. Να υπολογίσετε:

α. τη δυναμική ενέργεια του φορτίου q στο σημείο A ,

β. το έργο της ηλεκτρικής δύναμης που δέχεται το φορτίο q κατά τη μετακίνησή του από το σημείο A στο B .

67. Ένα ακλόνητο σημειακό φορτίο $Q = +2 \mu\text{C}$ δημιουργεί στο χώρο γύρω του ηλεκτρικό πεδίο. Ένα άλλο σημειακό φορτίο $q = +4 \mu\text{C}$ μετακινείται από το σημείο A στο Γ του ίδιου πεδίου. Αν τα σημεία A και Γ απέχουν από το φορτίο πηγή Q απόσταση $r_1 = 0,9 \text{ m}$ και $r_2 = 0,36 \text{ m}$ αντίστοιχα, να υπολογίσετε το έργο της δύναμης του πεδίου κατά την παραπάνω μετακίνηση. Δίνεται: $k_c = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$

68. Δύο μικρά σώματα A και B απέχουν μεταξύ τους απόσταση $r = 0,4 \text{ m}$ και είναι φορτισμένα με φορτία Q και $-Q$ αντίστοιχα. Η δυναμική ηλεκτροστατική ενέργεια του συστήματος των δύο φορτίων ισούται με $U_{\eta\lambda} = -9 \text{ J}$. Να υπολογίσετε:

α. την ποσότητα του φορτίου κάθε σώματος,

β. σε πόση απόσταση μεταξύ τους πρέπει να τοποθετήσουμε τα δύο σώματα αν θέλουμε να αυξηθεί η δυναμική τους ενέργεια κατά 3 J .

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

69. Ακλόνητο σημειακό φορτίο $Q = -3 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ δημιουργεί γύρω του ηλεκτροστατικό πεδίο. Σ' ένα σημείο A του πεδίου που απέχει απόσταση d από το φορτίο Q τοποθετούμε ένα σημειακό φορτίο $q = +2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$. Το έργο της δύναμης του πεδίου κατά τη μετακίνηση του φορτίου q από το σημείο A στο άπειρο ισούται με $W_{F(A \rightarrow \infty)} = -0,09 \text{ J}$. Να υπολογίσετε:

α. το δυναμικό του πεδίου που δημιουργεί το ακλόνητο φορτίο Q στο σημείο A ,

β. την απόσταση d .

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

70. Ακλόνητο σημειακό φορτίο Q δημιουργεί στο χώρο γύρω του ηλεκτρικό πεδίο. Το δυναμικό του πεδίου σε σημείο A που απέχει απόσταση $d = 0,3 \text{ m}$ από το φορτίο Q ισούται με $V_A = +120 \text{ V}$. Να υπολογίσετε:

α. το φορτίο Q ,

β. τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των σημείων A και B (V_{AB}), αν το σημείο B απέχει από το φορτίο Q απόσταση $d_1 = 2d$.

γ. το έργο της δύναμης του πεδίου κατά τη μετακίνηση ενός φορτίου $q = +5 \mu\text{C}$ από το σημείο Α στο σημείο Β. Δίνεται: $k_c = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$

71. Η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια ενός σημειακού φορτίου $q = +4 \mu\text{C}$ που βρίσκεται σε σημείο Α ενός ηλεκτροστατικού πεδίου ισούται με $U_{\eta\lambda(A)} = -2 \text{ J}$. Να υπολογίσετε:

α. το δυναμικό του σημείου Α,

β. το έργο της δύναμης του πεδίου κατά τη μετακίνηση του φορτίου q από το σημείο Α μέχρι το άπειρο,

γ. το έργο της δύναμης του πεδίου κατά τη μετακίνηση του φορτίου q από το σημείο Α σ' ένα άλλο σημείο Β, στο οποίο η δυναμική του ενέργεια ισούται με $U_{\eta\lambda(B)} = 4U_{\eta\lambda(A)}$.

72. Δύο σημειακά φορτία $Q_1 = -3 \mu\text{C}$ και $Q_2 = -1 \mu\text{C}$ απέχουν μεταξύ τους απόσταση $d = 0,4 \text{ m}$. Να υπολογίσετε:

α. το δυναμικό του πεδίου που δημιουργούν τα δύο φορτία στο μέσο Μ της απόστασης τους,

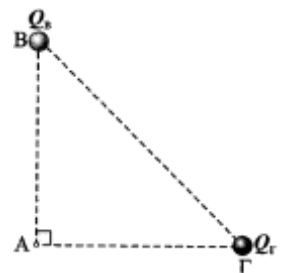
β. την ενέργεια που απαιτείται για τη μετακίνηση των δύο φορτίων Q_1 και Q_2 σε νέες θέσεις, ώστε να απέχουν μεταξύ τους $d_1 = d/5$. Δίνεται: $k_c = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

73. Στις κορυφές Β και Γ ορθογώνιου και ισοσκελούς τριγώνου ΑΒΓ με $A = 90^\circ$ βρίσκονται ακίνητα τα σημειακά φορτία $Q_B = 2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ και $Q_\Gamma = 5 \cdot 10^{-8} \text{ C}$. Αν $(AB) = (AG) = 5 \text{ cm}$, να υπολογίσετε:

α. τη δυναμική ενέργεια του συστήματος,

β. το δυναμικό στο σημείο Α,

γ. το έργο που απαιτείται για τη μεταφορά ενός σημειακού φορτίου $q = 2 \mu\text{C}$ από το άπειρο στο σημείο Α. Δίνεται: $k_c = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.



Προαγωγικές εξετάσεις εσπερινού Λυκείου - Ιούνιος 2001

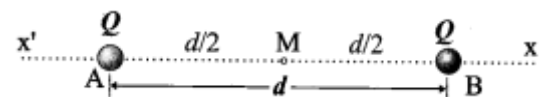
74. Δύο ίσα σημειακά θετικά φορτία βρίσκονται στα σημεία Α και Β μιας ευθείας $x'x$ και απέχουν μεταξύ τους απόσταση $d = 6 \text{ cm}$. Το μέτρο της δύναμης Coulomb με την οποία αλληλεπιδρούν ισούται με $F = 10 \text{ N}$. Να υπολογίσετε:

α. τη δυναμική ενέργεια του συστήματος των δύο φορτίων,

β. το δυναμικό του πεδίου που δημιουργούν τα δύο φορτία στο μέσο Μ της μεταξύ τους απόστασης,

γ. το έργο της δύναμης του πεδίου που δημιουργούν τα δύο φορτία κατά τη μετακίνηση ενός φορτίου $q = -2 \mu\text{C}$ από ένα σημείο Κ του πεδίου μέχρι το άπειρο, αν το σημείο Κ απέχει απόσταση $d_1 = 3 \text{ cm}$ από το σημείο Α και $d_2 = 9 \text{ cm}$ από σημείο Β.

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



75. Δύο σημειακά φορτία $Q_1 = +4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ και Q_2 βρίσκονται ακίνητα στα σημεία Α και Β αντίστοιχα. Η απόσταση μεταξύ των δύο φορτίων ισούται με $r = 1,2 \text{ m}$ και το δυναμικό του πεδίου που δημιουργούν στο μέσο Μ της μεταξύ τους απόστασης ισούται με μηδέν.

α. Να υπολογίσετε το φορτίο Q_2 .

β. Να υπολογίσετε την ένταση του πεδίου που δημιουργούν τα δύο φορτία στο μέσο Μ.

γ. Σε σημείο Κ του πεδίου των δύο φορτίων τοποθετούμε ένα σημειακό ηλεκτρικό φορτίο q , οπότε αυτό αποκτά δυναμική ενέργεια $U = +0,9 \text{ J}$. Να υπολογίσετε το έργο της δύναμης του πεδίου κατά τη μετακίνηση του φορτίου q από το σημείο Κ στο μέσο Μ.

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

76. Δύο σημειακά φορτία $Q_1 > 0$ και Q_2 απέχουν μεταξύ τους απόσταση $d = 6 \text{ cm}$. Η δυναμική ηλεκτροστατική ενέργεια του συστήματος των δύο φορτίων ισούται με $U_{\eta\lambda} = +9 \cdot 10^{-3} \text{ J}$.

α. Να προσδιορίσετε το πρόσημο του φορτίου Q_2 .

β. Να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης που ασκείται μεταξύ των δύο φορτίων.

γ. Αν το μέτρο της έντασης που δημιουργεί το φορτίο Q_1 στο μέσο Μ της απόστασης τους ισούται με $E_1 = 2 \cdot 10^6 \text{ N/C}$, να υπολογίσετε το δυναμικό του πεδίου που δημιουργούν τα δύο φορτία στο μέσο Μ.

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

77. Το διπλανό σχήμα δείχνει την κατεύθυνση μιας δυναμικής γραμμής ενός ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου έντασης E . Το μέτρο της έντασης είναι $E = 10 \text{ N/C}$. Τα δυναμικά των σημείων Α και Β είναι 10 V και 8 V αντίστοιχα. Στο σημείο Α αφήνεται ένα θετικό ηλεκτρικό φορτίο $q = 10^{-3} \text{ C}$. Να υπολογίσετε:



α. το μέτρο της δύναμης που ασκεί το πεδίο στο φορτίο q ,

β. το έργο της δύναμης του πεδίου για τη μετακίνηση του φορτίου q από το σημείο Α μέχρι το σημείο Β,

γ. το δυναμικό του σημείου Γ, αν το έργο της δύναμης του πεδίου κατά τη μετακίνηση του φορτίου q από το σημείο Α μέχρι το Γ είναι τετραπλάσιο από το έργο της δύναμης του πεδίου κατά τη μετακίνηση του φορτίου q από το σημείο Α μέχρι το Β.

Προαγωγικές εξετάσεις Β' Λυκείου - Ιούνιος 2000

78. Ένα μικρό σώμα μάζας $m = 0,03 \text{ kg}$ και φορτίου q ($q > 0$) κρατείται ακίνητο σε απόσταση $r = 0,6 \text{ m}$ από ακλόνητο σημειακό φορτίο $Q = +2q$. Το σημειακό φορτίο και το μικρό σώμα βρίσκονται σε λείο οριζόντιο επίπεδο και απωθούνται μεταξύ τους με δύναμη μέτρου $F = 0,05 \text{ N}$. Να υπολογίσετε:

α. τη δυναμική ηλεκτροστατική ενέργεια του συστήματος των δύο φορτίων,

β. το δυναμικό του πεδίου που δημιουργεί το φορτίο Q σε απόσταση r από αυτό,

γ. το μέτρο της ταχύτητας που αποκτά το μικρό σώμα, όταν βρεθεί σε άπειρη απόσταση από το ακλόνητο φορτίο Q , αν το αφήσουμε ελεύθερο να κινηθεί από την αρχική του θέση. Δίνεται: $k_c = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

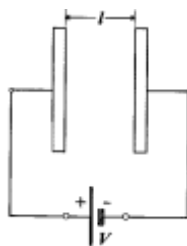
ΠΥΚΝΩΤΕΣ

79. Επίπεδος πυκνωτής αέρα έχει οριζόντιους οπλισμούς και είναι φορτισμένος υπό τάση $V = 10 \text{ V}$ όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Η απόσταση μεταξύ των οπλισμών ισούται με $\ell = 0,01 \text{ m}$ και το εμβαδόν κάθε οπλισμού ισούται με $S = 200 \text{ cm}^2$.

α. Να σχεδιάσετε τις δυναμικές γραμμές του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται στο χώρο μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή,

β. Να υπολογίσετε:

ι. τη χωρητικότητα του πυκνωτή,



- ii. το μέτρο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται στο χώρο μεταξύ των οπλισμών,
- iii. την ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στον πυκνωτή.

Δίνεται: $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$.

80. Επίπεδος πυκνωτής έχει χωρητικότητα C και είναι φορτισμένος με φορτίο $Q = 4 \cdot 10^{-9} \text{ C}$, με αποτέλεσμα να έχει αποθηκευθεί σε αυτόν ηλεκτρική δυναμική ενέργεια $U = 5 \cdot 10^{-7} \text{ J}$. Οι οπλισμοί του πυκνωτή είναι δύο παράλληλες, τετράγωνες μεταλλικές πλάκες πλευράς $a = 20 \text{ cm}$ που απέχουν μεταξύ τους απόσταση $\ell = 8,85 \text{ cm}$. Ο χώρος μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή είναι γεμάτος με μονωτικό υλικό που έχει σχετική διηλεκτρική σταθερά ϵ . Να υπολογίσετε:

- α. τη χωρητικότητα του πυκνωτή,
- β. τη σχετική διηλεκτρική σταθερά ϵ του μονωτικού υλικού.

Δίνεται: $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$.

81. Ο χώρος μεταξύ των οπλισμών ενός επίπεδου πυκνωτή είναι γεμάτος με μονωτικό υλικό σχετικής διηλεκτρικής σταθεράς $\epsilon = 4$. Η χωρητικότητα του πυκνωτή αυτού ισούται με $C = 4 \text{ } \mu\text{F}$ και τα άκρα του είναι συνδεδεμένα με πηγή τάσης $V = 20 \text{ V}$. Αποσυνδέουμε τον πυκνωτή από την πηγή φόρτισης του και κατόπιν απομακρύνουμε το μονωτικό υλικό από το χώρο μεταξύ των οπλισμών του. Να υπολογίσετε τις νέες τιμές που αποκτούν τα μεγέθη:

- α. φορτίο,
- β. χωρητικότητα,
- γ. τάση,
- δ. ενέργεια πυκνωτή.

Δίνεται: $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$.

82. Τα άκρα ενός επίπεδου πυκνωτή αέρα χωρητικότητας $C = 2 \cdot 10^{-11} \text{ F}$ είναι συνδεδεμένα με τα άκρα μιας πηγής τάσης $V = 100 \text{ V}$. Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου που έχει δημιουργηθεί μεταξύ των οπλισμών του

πυκνωτή έχει μέτρο $E = 10^4 \text{ V/m}$.

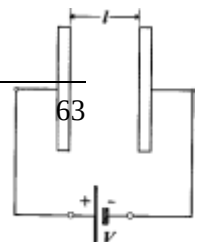
α. Να υπολογίσετε:

- i. την ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στον πυκνωτή,
 - ii. το εμβαδόν S κάθε οπλισμού του πυκνωτή.
- β. Χωρίς ν' αποσυνδέσουμε τον πυκνωτή από την πηγή φόρτισης του απομακρύνουμε τους οπλισμούς μεταξύ τους έτσι, ώστε να βρεθούν σε διπλάσια απόσταση από την αρχική. Να υπολογίσετε τις νέες τιμές που αποκτούν τα μεγέθη:

- i. τάση,
- ii. χωρητικότητα,
- iii. φορτίο,
- iv. ενέργεια πυκνωτή,
- v. μέτρο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου.

Δίνεται: $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$.

83. Στο χώρο μεταξύ των κατακόρυφων οπλισμών ενός επίπεδου πυκνωτή δημιουργείται οριζόντιο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο έντασης E . Ο πυκνωτής είναι φορτισμένος υπό τάση $V = 100 \text{ V}$



και οι οπλισμοί του απέχουν μεταξύ τους απόσταση $\ell = 20 \text{ cm}$. Από σημείο Α του θετικού οπλισμού αφήνουμε ελεύθερο να κινηθεί ένα σημειακό αντικείμενο φορτίου $q = +2 \mu\text{C}$ και μάζας $m = 10^{-8} \text{ kg}$.

α. Να εξηγήσετε αναλυτικά το είδος της κίνησης που θα εκτελέσει το σημειακό αντικείμενο μέχρι να χτυπήσει στον αρνητικό οπλισμό.

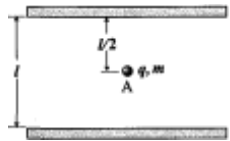
β. Να υπολογίσετε τη χρονική διάρκεια κίνησης μέχρι να φθάσει στον αρνητικό οπλισμό,

γ. Να βρείτε το μέτρο της ταχύτητας του σωματιδίου ελάχιστα πριν χτυπήσει στον αρνητικό οπλισμό.

δ. Να υπολογίσετε τη μεταβολή της κινητικής ενέργειας του σωματιδίου κατά τη μετακίνηση του από το σημείο Α σε σημείο Β που απέχουν μεταξύ τους απόσταση $x_1 = 0,04 \text{ m}$.

Θεωρήστε αμελητέες τις βαρυτικές αλληλεπιδράσεις.

84. Στο διπλανό σχήμα φαίνονται οι οπλισμοί ενός πυκνωτή χωρητικότητας C που έχει φορτιστεί υπό τάση $V = 500 \text{ V}$. Μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή που απέχουν μεταξύ τους απόσταση $\ell = 10 \text{ cm}$ ισορροπεί μια σφαίρα αμελητέων διαστάσεων, η οποία έχει μάζα m και είναι φορτισμένη με θετικό φορτίο $q = +2 \mu\text{C}$.

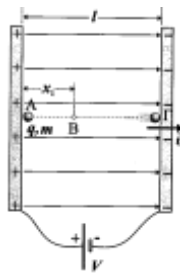


α. Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που δέχεται η μικρή σφαίρα και να εξηγήσετε αναλυτικά ποιος από τους δύο οπλισμούς είναι ο θετικός και ποιος ο αρνητικός,

β. Να υπολογίσετε τη μάζα της μικρής σφαίρας.

γ. Διπλασιάζουμε ακαριαία την τάση μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή. Να διερευνήσετε προς τα πού θα κινηθεί η μικρή σφαίρα και κατόπιν να υπολογίσετε την κινητική ενέργεια τη στιγμή που φτάνει στον ένα από τους δύο οπλισμούς. Δίνεται: $g = 10 \text{ m/s}^2$.

85. Στο διπλανό σχήμα φαίνεται ένας επίπεδος πυκνωτής, ο οποίος είναι συνδεδεμένος στα άκρα πηγής τάσης $V = 200 \text{ V}$ και έχει αποκτήσει φορτίο $Q = 4 \mu\text{C}$. Η απόσταση μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή ισούται με $\ell = 4 \text{ cm}$.



α. Να υπολογίσετε τη χωρητικότητα του πυκνωτή.

β. Να σχεδιάσετε τις δυναμικές γραμμές του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή,

γ. Να υπολογίσετε το μέτρο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται μεταξύ των οπλισμών.

86. Ένας επίπεδος πυκνωτής αέρα αποτελείται από δύο όμοια, παράλληλα, μεταλλικά επίπεδα που το καθένα έχει εμβαδόν $S = 2000 \text{ cm}^2$. Οι δύο οπλισμοί απέχουν μεταξύ τους απόσταση $\ell = 8,85 \text{ cm}$. Ο πυκνωτής είναι συνδεδεμένος με πηγή τάσης $V = 2000 \text{ V}$. Να υπολογίσετε:

α. τη χωρητικότητα του πυκνωτή,

β. το φορτίο του πυκνωτή.

Δίνεται: $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$.

87. Οι οπλισμοί ενός επίπεδου πυκνωτή αέρα απέχουν μεταξύ τους απόσταση $\ell = 0,2 \text{ m}$ και είναι φορτισμένοι με αντίθετα φορτία $Q_1 = +2 \text{ nC}$ και $Q_2 = -2 \text{ nC}$. Η χωρητικότητα του πυκνωτή ισούται με $C = 2 \text{ pF}$. Να υπολογίσετε:

α. την τάση φόρτισης του πυκνωτή,

- β. το μέτρο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου που επικρατεί μεταξύ των οπλισμών του,
 γ. την ενέργεια του πυκνωτή.

88. Ένας αφόρτιστος πυκνωτής αέρα έχει χωρητικότητα $C = 12 \mu\text{F}$. Γεμίζουμε το χώρο μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή με μονωτικό υλικό σχετικής διηλεκτρικής σταθεράς ϵ , οπότε η χωρητικότητα του πυκνωτή μεταβάλλεται κατά $6 \mu\text{F}$.

α. Να υπολογίσετε τη σχετική διηλεκτρική σταθερά ϵ .

β. Έχοντας γεμίσει το χώρο μεταξύ των οπλισμών με μονωτικό υλικό, φορτίζουμε τον πυκνωτή υπό τάση $V = 200 \text{ V}$. Να υπολογίσετε την ενέργεια που αποκτά ο πυκνωτής.

89. Δύο παράλληλες μεταλλικές πλάκες σχήματος τετραγώνου πλευράς $a = 0,2 \text{ m}$ αποτελούν τους οπλισμούς ενός επίπεδου πυκνωτή. Οι δύο αυτές πλάκες απέχουν μεταξύ τους απόσταση $\ell = 8,85 \text{ cm}$ και ο χώρος ανάμεσα τους είναι γεμάτος με πορσελάνη σχετικής διηλεκτρικής σταθεράς $\epsilon = 6,5$. Να υπολογίσετε:

α. τη χωρητικότητα του πυκνωτή,

β. την ενέργεια που πρέπει να ξοδέψουμε, ώστε να φορτίσουμε τον πυκνωτή με φορτίο $Q = 13 \mu\text{C}$, θεωρώντας γνωστό ότι κατά τη φόρτιση του πυκνωτή δεν συμβαίνουν απώλειες ενέργειας.

Δίνεται: $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$.

90. Ένας πυκνωτής χωρητικότητας $C = 4 \text{ nF}$ είναι φορτισμένος υπό τάση $V = 200 \text{ V}$ και εκφορτίζεται πλήρως μέσω του φλας μιας φωτογραφικής μηχανής. Να υπολογίσετε:

α. την ενέργεια που απελευθερώθηκε κατά την εκφόρτιση του πυκνωτή,

β. τη μέση ισχύ που αποδόθηκε κατά τη διάρκεια της εκφόρτισης, αν δίνεται ότι ο πυκνωτής εκφορτίστηκε πλήρως σε χρονική διάρκεια $\Delta t = 2 \cdot 10^{-3} \text{ s}$.

91. Ένας επίπεδος πυκνωτής αέρα χωρητικότητας $C = 4 \mu\text{F}$ είναι φορτισμένος υπό τάση $V = 20 \text{ V}$ και είναι αποσυνδεδεμένος από την πηγή φόρτισης του. Η απόσταση μεταξύ των οπλισμών του ισούται με $\ell = 0,4 \text{ m}$. Διπλασιάζουμε την απόσταση ℓ μεταξύ των οπλισμών του.

α. Να εξετάσετε ποια από τα παρακάτω μεγέθη μεταβάλλονται:

- | | | |
|----------------------------|--|--------------------------|
| i. χωρητικότητα C , | ii. φορτίο πυκνωτή Q , | iii. τάση φόρτισης V , |
| iv. ενέργεια πυκνωτή U , | v. μέτρο έντασης ηλεκτρικού πεδίου E . | |

β. Για όσα από τα παραπάνω μεγέθη μεταβάλλονται, να υπολογίσετε τις νέες τιμές που αποκτούν.

92. Επίπεδος πυκνωτής αέρα χωρητικότητας $C = 10^{-12} \text{ F}$ είναι συνδεδεμένος στα άκρα πηγής τάσης V και έχει αποκτήσει ηλεκτρική ενέργεια $U = 2 \text{ J}$. Βυθίζουμε ολόκληρο τον πυκνωτή σε μονωτικό ορυκτέλαιο σχετικής διηλεκτρικής σταθεράς $\epsilon = 2$ χωρίς να τον αποσυνδέσουμε από την πηγή φόρτισης.

α. Ποια από τα παρακάτω μεγέθη μεταβάλλονται εξαιτίας της εισαγωγής του μονωτικού υλικού στο χώρο μεταξύ των οπλισμών;

- | | | |
|------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| i. χωρητικότητα C , | ii. τάση φόρτισης V , | iii. φορτίο πυκνωτή Q , |
| iv. ηλεκτρική ενέργεια U . | | |

β. Για όσα από τα παραπάνω μεγέθη μεταβάλλονται, να υπολογίσετε τις νέες τιμές που αποκτούν.

93. Στο διπλανό σχήμα μια μικρή σταγόνα λαδιού με φορτίο $q = -2 \mu\text{C}$ και μάζα $m = 0,1 \text{ g}$ ισορροπεί ακίνητη μεταξύ των οριζόντιων οπλισμών ενός φορτισμένου επίπεδου πυκνωτή αέρα που απέχουν μεταξύ τους απόσταση $\ell = 5 \text{ cm}$.



α. Να διερευνήσετε ποιος από τους δύο οπλισμούς είναι ο αρνητικός και ποιος ο θετικός, και να σχεδιάσετε τις δυναμικές γραμμές του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται μεταξύ των οπλισμών.

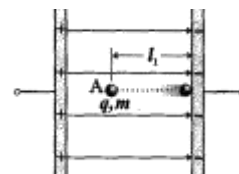
β. Να υπολογίσετε το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης που δέχεται η σταγόνα.

γ. Να υπολογίσετε την τάση φόρτισης V του πυκνωτή. Δίνεται: $g = 10 \text{ m/s}^2$.

94. Μεταξύ των οπλισμών ενός επίπεδου πυκνωτή αέρα που είναι φορτισμένος υπό τάση $V = 500 \text{ V}$ δημιουργείται οριζόντιο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο. Ένα πρωτόνιο αφήνεται ελεύθερο να κινηθεί χωρίς ταχύτητα από σημείο Α του θετικού οπλισμού. Να υπολογίσετε την κινητική ενέργεια του πρωτονίου ελάχιστα πριν χτυπήσει στον αρνητικό οπλισμό.

Δίνεται: $q_p = +1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. Οι βαρυτικές αλληλεπιδράσεις είναι αμελητέες.

95. Οριζόντιο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο έντασης μέτρου $E = 10 \text{ V/m}$ δημιουργείται μεταξύ των κατακόρυφων οπλισμών ενός φορτισμένου επίπεδου πυκνωτή αέρα. Σε απόσταση $\ell_1 = 4 \text{ cm}$ από τον αρνητικό οπλισμό αφήνουμε ελεύθερο ένα μικρό σωματίδιο φορτίου $q = +2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$, μάζας $m = 10^{-11} \text{ kg}$ και αμελητέου βάρους.



α. Να εξηγήσετε ποιο είναι το είδος της κίνησης που εκτελεί το σωματίδιο μέχρι να χτυπήσει στον αρνητικό οπλισμό.

β. Να υπολογίσετε το μέτρο της επιτάχυνσης του σωματιδίου.

γ. Να υπολογίσετε τη χρονική διάρκεια κίνησης του σωματιδίου από τη στιγμή που το αφήσαμε ελεύθερο μέχρι τη στιγμή που φτάνει στον αρνητικό οπλισμό.

96. Οι οπλισμοί ενός επίπεδου πυκνωτή είναι δύο τετράγωνες μεταλλικές πλάκες πλευράς $a = 50 \text{ cm}$ η καθεμία. Οι δύο πλάκες απέχουν μεταξύ τους απόσταση ℓ και ο χώρος μεταξύ τους είναι γεμάτος με χαρτί σχετικής διηλεκτρικής σταθεράς $\epsilon = 4$. Ο πυκνωτής είναι φορτισμένος υπό τάση $V = 4000 \text{ V}$ και η ηλεκτρική δυναμική του ενέργεια ισούται με $7,08 \cdot 10^{-4} \text{ J}$. Να υπολογίσετε:

α. το φορτίο του πυκνωτή,

β. τη χωρητικότητα του πυκνωτή,

γ. το μέτρο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου που επικρατεί μεταξύ των οπλισμών του.

Δίνεται: $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$.

97. Επίπεδος πυκνωτής αποτελείται από δύο τετράγωνους μεταλλικούς οπλισμούς πλευράς a . Το εμβαδόν κάθε οπλισμού ισούται με $S = 0,04 \text{ m}^2$. Μεταξύ των οπλισμών υπάρχει κενό και ο πυκνωτής είναι φορτισμένος με φορτίο $Q = 8,85 \cdot 10^{-9} \text{ C}$.

α. Να υπολογίσετε το μέτρο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή.

β. Αν δίνεται ότι η πλευρά a κάθε οπλισμού είναι τετραπλάσια από την απόσταση ℓ που απέχουν μεταξύ τους οι δύο οπλισμοί, να υπολογίσετε τη χωρητικότητα του πυκνωτή.

Δίνεται: $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$.

98. Ένας πυκνωτής αέρα χωρητικότητας $C = 8 \mu\text{F}$ είναι φορτισμένος υπό τάση $V = 1000 \text{ V}$. Αποσυνδέουμε τον πυκνωτή από την πηγή φόρτισης και αμέσως μετά τον εκφορτίζουμε μερικώς, με αποτέλεσμα η ενέργεια του να μεταβληθεί κατά $3,84 \text{ J}$.

α. Να υπολογίσετε:

i. την τελική ενέργεια του πυκνωτή,

ii. την τελική τάση του πυκνωτή.

β. Στη συνέχεια γεμίζουμε το χώρο μεταξύ των οπλισμών με μονωτικό υλικό σχετικής διηλεκτρικής σταθεράς $\epsilon = 4$. Να υπολογίσετε τη ενέργεια που αποκτά ο πυκνωτής μετά την εισαγωγή του διηλεκτρικού.

99. Σε κάποιο σημείο του χώρου μεταξύ των κατακόρυφων οπλισμών ενός φορτισμένου επίπεδου πυκνωτή αέρα αφήνουμε ελεύθερο να κινηθεί ένα σωματίδιο μάζας $m = 2 \cdot 10^{-10} \text{ kg}$ και φορτίου $q = +4 \mu\text{C}$, οπότε το σωματίδιο δέχεται από το ηλεκτρικό πεδίο του πυκνωτή δύναμη μέτρου $F = 0,04 \text{ N}$. Η απόσταση μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή ισούται με $\ell = 10 \text{ cm}$ και το πλεόνασμα των ηλεκτρονίων του αρνητικού οπλισμού του ισούται με $N = 5 \cdot 10^{11}$ ηλεκτρόνια. Να υπολογίσετε:

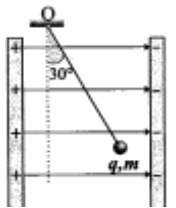
α. το μέτρο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή,

β. το φορτίο του πυκνωτή,

γ. το εμβαδόν κάθε οπλισμού.

Δίνεται: $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$ και $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. Θεωρήστε αμελητέο το βάρος του σωματιδίου.

100. Στο διπλανό σχήμα, η μικρή σφαίρα μάζας $m = 2\sqrt{3} \cdot 10^{-5} \text{ kg}$ είναι φορτισμένη με φορτίο $q = +1 \text{ nC}$ και είναι κρεμασμένη από αβαρές μη εκτατό, μεταξωτό νήμα, το άλλο άκρο του οποίου είναι στερεωμένο σε ακλόνητο σημείο O . Το σύστημα νήμα - σφαίρα βρίσκεται μεταξύ των κατακόρυφων οπλισμών ενός επίπεδου πυκνωτή αέρα που είναι φορτισμένος υπό τάση V . Οι οπλισμοί του πυκνωτή απέχουν μεταξύ τους απόσταση $\ell = 10 \text{ cm}$ και η σφαίρα ισορροπεί σε τέτοια θέση (χωρίς να εφάπτεται στους οπλισμούς), έτσι ώστε το νήμα να σχηματίζει γωνία 30° με την κατακόρυφο που διέρχεται από το σημείο O . Να υπολογίσετε:



α. το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης που δέχεται η σφαίρα από το ηλεκτρικό πεδίο του πυκνωτή,

β. την τάση του πυκνωτή.

Δίνεται: $g = 10 \text{ m/s}^2$.

101. Οι οπλισμοί ενός επίπεδου πυκνωτή έχουν εμβαδόν $0,4 \text{ m}^2$, απέχουν απόσταση $8,85 \text{ mm}$ και συνδέονται με πηγή σταθερής τάσης $88,5 \text{ V}$. Μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή υπάρχει κενό.

Η απόλυτη διηλεκτρική σταθερά του κενού είναι $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$.

α. Να υπολογιστεί η χωρητικότητα του πυκνωτή.

β. Από σημείο του θετικά φορτισμένου οπλισμού του πυκνωτή ελευθερώνεται, χωρίς αρχική ταχύτητα, θετικά φορτισμένο σωματίδιο αμελητέου βάρους με φορτίο $3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. Να υπολογιστεί το μέτρο της δύναμης που ασκείται στο φορτίο.

γ. Να υπολογιστεί η κινητική ενέργεια που έχει το σωματίδιο όταν φθάνει στον αρνητικά φορτισμένο οπλισμό.

δ. Ο χώρος μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή καλύπτεται πλήρως με μονωτικό υλικό (διηλεκτρικό) που έχει σχετική διηλεκτρική σταθερά $\epsilon = 4,5$. Να υπολογιστεί η νέα τιμή της χωρητικότητας του πυκνωτή.

Προαγωγικές εξετάσεις Β' Λυκείου - Μάιος 2002

102. Ένας φορτισμένος επίπεδος πυκνωτής κενού με οριζόντιους οπλισμούς έχει χωρητικότητα $C = 4 \text{ nF}$ και είναι φορτισμένος με φορτίο $Q = 10 \text{ μC}$. Μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή, οι οποίοι απέχουν μεταξύ τους $\ell = 0,25 \text{ m}$, ισορροπεί ένα σημειακό αντικείμενο μάζας m και φορτίου $q = +2 \text{ μC}$. Η απόσταση του σημειακού αντικειμένου από το θετικό οπλισμό ισούται με $\ell_1 = 0,2 \text{ m}$.

α. Να υπολογίσετε τη μάζα του σημειακού αντικειμένου.

β. Διπλασιάζουμε ακαριαία την τάση μεταξύ των οπλισμών.

Να διερευνήσετε προς τα πού θα κινηθεί το σημειακό αντικείμενο και να υπολογίσετε το μέτρο της επιτάχυνσης που αποκτά.

Δίνεται: $g = 10 \text{ m/s}^2$.

103. Οι οπλισμοί A και B ενός επίπεδου πυκνωτή απέχουν μεταξύ τους $\ell = 6 \text{ cm}$ και παρουσιάζουν διαφορά δυναμικού $V_{AB} = 3000 \text{ V}$.

α. Να υπολογίσετε τη διαφορά δυναμικού $V_{\Gamma\Delta}$ μεταξύ δύο σημείων Γ και Δ του ηλεκτρικού πεδίου ανάμεσα στους οπλισμούς που απέχουν από τον οπλισμό A αντίστοιχα $\ell_{\Gamma} = 1 \text{ cm}$ και $\ell_{\Delta} = 3 \text{ cm}$.

β. Να βρείτε το έργο της δύναμης του πεδίου κατά τη μεταφορά του σημειακού φορτίου $q = 2 \text{ μC}$ από το σημείο Γ στο σημείο Δ.

104. Η ένταση του ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου του σχήματος είναι $E = 1000 \text{ N/C}$. Το δυναμικό του σημείου A είναι $V_A = 50 \text{ V}$.

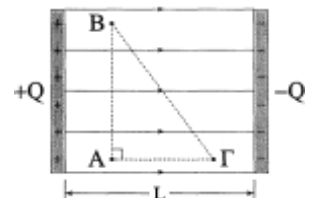
α. Σε ποια σημεία του πεδίου το δυναμικό έχει τιμή ίση με μηδέν; .

β. Σε πόση ελάχιστη απόσταση από το A το δυναμικό έχει τιμή -50 V ;



105. Οι μεταλλικές πλάκες του σχήματος έχουν διαφορά δυναμικού $V = 1000 \text{ V}$ και απέχουν $L = 8 \text{ cm}$. Αν οι αποστάσεις των σημείων A, Γ και A, B είναι αντίστοιχα $(A\Gamma) = 3 \text{ cm}$ και $(AB) = 4 \text{ cm}$, να υπολογίσετε τη διαφορά δυναμικού ανάμεσα στα σημεία:

α. A και Γ β. A και B γ. B και Γ.



106. Δύο οριζόντιες μεταλλικές πλάκες ετερόνυμα φορτισμένες παρουσιάζουν διαφορά δυναμικού $V = 1000 \text{ V}$ και απέχουν μεταξύ τους $L = 10 \text{ cm}$. Στο χώρο ανάμεσα στις πλάκες ισορροπεί μικρή φορτισμένη σταγόνα λαδιού μάζας $m = 1,6 \text{ g}$. Να υπολογίσετε τον αριθμό των ηλεκτρονίων που πλεονάζουν στη σταγόνα.

Δίνονται το φορτίο του ηλεκτρονίου $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ και η επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 10 \text{ m/s}^2$.

107. Δύο κατακόρυφες μεταλλικές πλάκες είναι φορτισμένες με φορτία $+Q$ και $-Q$ και απέχουν μεταξύ τους $L = 20 \text{ cm}$. Στο χώρο ανάμεσα στις πλάκες ισορροπεί φορτισμένο σφαιρίδιο με μάζα $m = 1 \text{ g}$ και φορτίο $q = 2 \text{ μC}$. Το σφαιρίδιο ισορροπεί δεμένο στο άκρο νήματος μεγάλου μήκους, το άλλο άκρο του οποίου είναι στερεωμένο ακλόνητα. Κατά την ισορροπία το νήμα έχει εκτραπεί κατά 45° από την κατακόρυφο.

Να υπολογίσετε τη διαφορά δυναμικού ανάμεσα στις πλάκες. Δίνεται $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Υλικό Φυσικής-Χημείας

Γιατί το να μοιράζεσαι πράγματα, είναι καλό για όλους...

Επιμέλεια:

Βασίλης Δουκατζής