

ΑΣΚΗΣΗ-1: ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΠΕΔΙΑ

Ημερομηνία:

ΤΜΗΜΑ: ΟΜΑΔΑ:

Όνομ/νυμο:.....Α.Μ.....

Συνεργάτες

Όνομ/νυμο:.....Α.Μ.....

Όνομ/νυμο:.....Α.Μ.....

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ (καθένας με δικά του λόγια, σε όλες τις γραμμές)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ΒΑΘΜΟΣ#1: **ΥΠΟΓΡΑΦΗ:**

ΣΤΟΧΟΙ ΕΚΜΑΘΗΣΗΣ : Η μελέτη σε 2 διαστάσεις της κατανομής των ηλεκτροστατικών πεδίων στο χώρο μεταξύ δύο αγωγών που βρίσκονται σε σταθερή διαφορά δυναμικού.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

1. Η εξίσωση του νόμου του Coulomb

Η ηλεκτρική δύναμη είναι δύναμη πεδίου. Οι δυνάμεις πεδίου ασκούνται εξ αποστάσεως. Υφίστανται ακόμα και όταν δεν υπάρχει φυσική επαφή μεταξύ των σωμάτων. Το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης μεταξύ δύο ηλεκτρικών φορτίων είναι:

$$F_e = k_e \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

- Η μονάδα του ηλεκτρικού φορτίου στο σύστημα μονάδων SI είναι το **coulomb (C)**.
- Η k_e ονομάζεται **σταθερά του Coulomb**: $k_e = 8.9876 \times 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2$

2. Το ηλεκτρικό πεδίο – Ορισμός

Στον χώρο γύρω από ένα φορτισμένο σώμα υπάρχει **ηλεκτρικό πεδίο E**. Αυτό το φορτισμένο σώμα είναι το **φορτίο-πηγή**. Όταν σε αυτό το ηλεκτρικό πεδίο εισέλθει ένα άλλο φορτισμένο σώμα, το **δοκιμαστικό φορτίο q**, τότε ασκείται ηλεκτρική δύναμη F_e σε αυτό.

- Σχέση μεταξύ των F και E: $\vec{F}_e = q\vec{E}$
- Η σχέση αυτή ισχύει μόνο για ένα σημειακό φορτίο. Δηλαδή φορτία με μηδενικές διαστάσεις. Για μεγαλύτερα σώματα, το πεδίο μπορεί έχει διαφορετική τιμή σε διαφορετικά σημεία του σώματος.
- Αν το φορτίο q είναι θετικό, τότε τα διανύσματα της δύναμης και του πεδίου είναι ομόρροπα.
- Αν το φορτίο q είναι αρνητικό, τότε τα διανύσματα της δύναμης και του πεδίου είναι αντίρροπα.

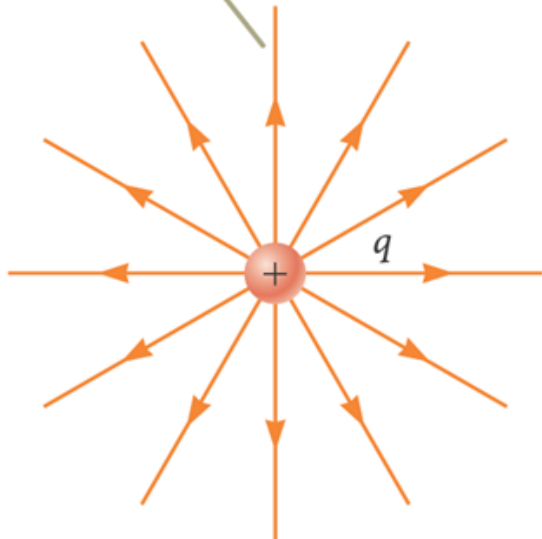
3. Γραμμές ηλεκτρικού πεδίου

- Οι γραμμές του πεδίου είναι ένας τρόπος αναπαράστασης της μορφής του ηλεκτρικού πεδίου.
- Η **διεύθυνση του διανύσματος** του ηλεκτρικού πεδίου **εφάπτεται** στη γραμμή του ηλεκτρικού πεδίου σε κάθε σημείο της. Η **κατεύθυνση** της γραμμής είναι **ίδια** με εκείνη του διανύσματος του ηλεκτρικού πεδίου.
- Το πλήθος των γραμμών ανά μονάδα επιφάνειας που διέρχονται από μια **επιφάνεια κάθετη** σε αυτές είναι ανάλογο του μέτρου του ηλεκτρικού πεδίου σε αυτή την περιοχή.

Θετικό σημειακό φορτίο: Οι γραμμές του πεδίου κατευθύνονται **ακτινικά προς τα έξω** σε κάθε διεύθυνση. Στον τρισδιάστατο χώρο, η κατανομή είναι σφαιρική.

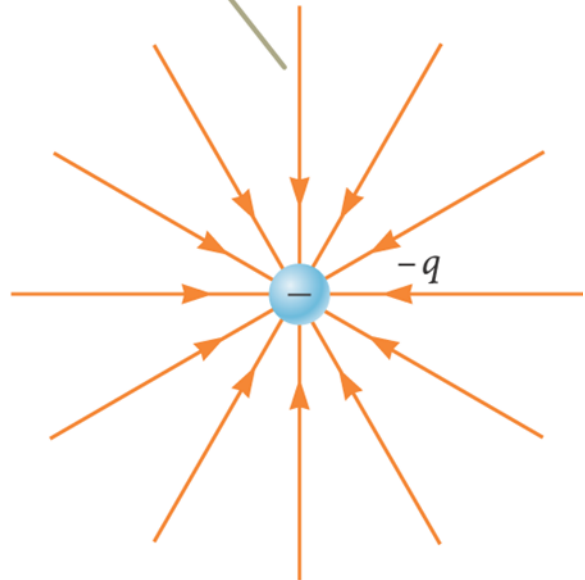
Αρνητικό σημειακό φορτίο: Οι γραμμές του πεδίου κατευθύνονται **ακτινικά προς το φορτίο** σε κάθε διεύθυνση, δηλαδή οι γραμμές έχουν κατεύθυνση προς το φορτίο-πηγή.

Για θετικό σημειακό φορτίο, οι γραμμές του πεδίου έχουν ακτινική κατεύθυνση μακριά από το φορτίο.



α

Για αρνητικό σημειακό φορτίο, οι γραμμές του πεδίου έχουν ακτινική κατεύθυνση προς το φορτίο.



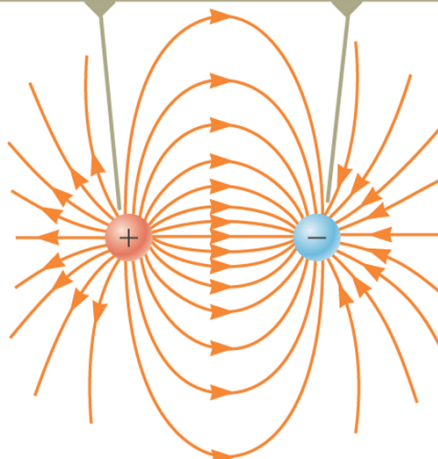
β

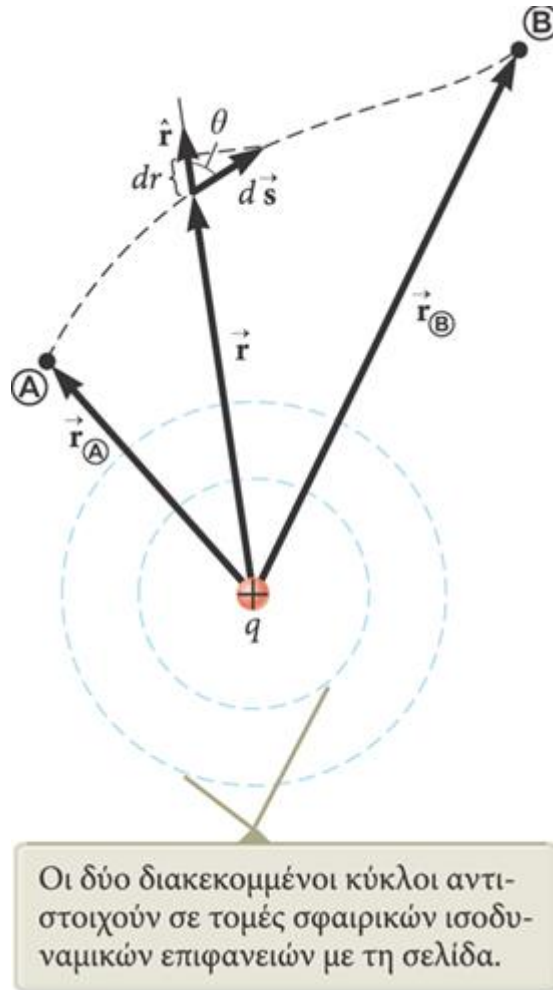
4. Γραμμές ηλεκτρικού πεδίου – Κανόνες σχεδίασης

- Οι γραμμές ξεκινούν από θετικά φορτία και καταλήγουν σε αρνητικά.
- Το πλήθος των γραμμών που ξεκινούν από ένα θετικό φορτίο ή καταλήγουν σε ένα αρνητικό είναι ανάλογο της τιμής του φορτίου.
- Οι γραμμές του πεδίου δεν τέμνονται ποτέ.
- Οι γραμμές του πεδίου δεν έχουν υλική υπόσταση. Αποτελούν μόνο μια γραφική αναπαράσταση που περιγράφει ποιοτικά το ηλεκτρικό πεδίο.

Ηλεκτρικό δίπολο: Τα φορτία είναι ίσα και ετερόνυμα.

Το πλήθος των γραμμών του πεδίου που ξεκινούν από το θετικό φορτίο είναι ίσο με το πλήθος των γραμμών που καταλήγουν στο αρνητικό φορτίο.





5. Ηλεκτρικό δυναμικό και σημειακά φορτία

Επειδή η ηλεκτροστατική δύναμη είναι συντηρητική, μπορούμε να περιγράψουμε τα ηλεκτροστατικά φαινόμενα χρησιμοποιώντας την έννοια της ηλεκτρικής δυναμικής ενέργειας. Αυτή η έννοια μας επιτρέπει να ορίσουμε το μέγεθος του *ηλεκτρικού δυναμικού*.

Ένα απομονωμένο θετικό σημειακό φορτίο δημιουργεί ηλεκτρικό πεδίο με ακτινική κατεύθυνση προς τα έξω. Η **διαφορά δυναμικού** μεταξύ των σημείων A και B είναι:

$$V_B - V_A = k_e q \left[\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right]$$

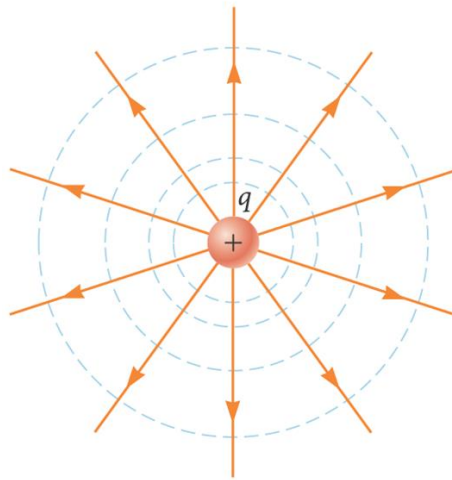
- Το ηλεκτρικό δυναμικό είναι ανεξάρτητο από τη διαδρομή που ακολουθεί το φορτίο για να μετακινηθεί από το σημείο A στο B.
- Ως τιμή αναφοράς του ηλεκτρικού δυναμικού συνήθως επιλέγουμε τη $V = 0$ όταν $r_A \rightarrow \infty$.
- Έτσι, το ηλεκτρικό δυναμικό ενός σημειακού φορτίου σε απόσταση r από αυτό είναι ίσο με:

$$V = k_e \frac{q}{r}$$

6. Τα E και V για ένα σημειακό φορτίο

- Οι γραμμές του ηλεκτρικού πεδίου έχουν ακτινική διεύθυνση: $\mathbf{E}_r = -dV/d\mathbf{r}$
- Οι ισοδυναμικές είναι κάθετες σε κάθε σημείο των γραμμών του ηλεκτρικού πεδίου.

Σφαιρικά συμμετρικό ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται από σημειακό φορτίο.

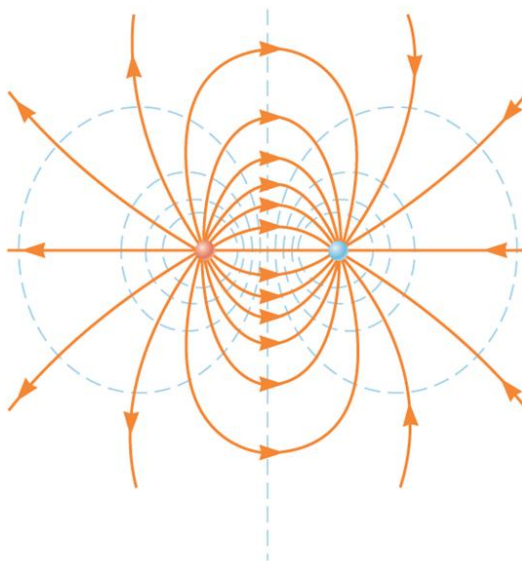


β

- Οι ισοδυναμικές είναι οι διακεκομμένες μπλε γραμμές.
- Οι γραμμές του ηλεκτρικού πεδίου είναι οι καφέ γραμμές

7. Τα E και V για ένα ηλεκτρικό δίπολο

Ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται από ηλεκτρικό δίπολο.



γ

- Οι ισοδυναμικές είναι οι διακεκομμένες μπλε γραμμές.
- Οι γραμμές του ηλεκτρικού πεδίου είναι οι καφέ γραμμές.
- Οι ισοδυναμικές είναι κάθετες σε κάθε σημείο των γραμμών του ηλεκτρικού πεδίου.

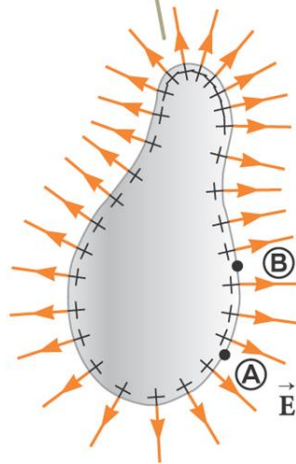
8. Υπολογισμός του ηλεκτρικού πεδίου από το ηλεκτρικό δυναμικό

- Γενικά, το ηλεκτρικό δυναμικό είναι συνάρτηση και των τριών χωρικών συντεταγμένων.
- Αν η συνάρτηση V εκφράζεται με βάση τις καρτεσιανές συντεταγμένες, τότε οι συνιστώσες E_x , E_y , και E_z του ηλεκτρικού πεδίου προκύπτουν εύκολα από τις μερικές παραγώγους της $V(x, y, z)$:

$$E_x = -\frac{\partial V}{\partial x} \quad E_y = -\frac{\partial V}{\partial y} \quad E_z = -\frac{\partial V}{\partial z}$$

9. Ηλεκτρικό δυναμικό φορτισμένου αγωγού

Παρατηρήστε ότι οι αποστάσεις μεταξύ των θετικών προσήμων δεν είναι ίδιες, κάτι που σημαίνει ότι η επιφανειακή πυκνότητα φορτίου δεν είναι ομοιόμορφη.



- Θεωρούμε δύο σημεία επί της επιφάνειας του φορτισμένου αγωγού, όπως φαίνεται στην εικόνα.
- Με $d\vec{s}$ συμβολίζουμε το απειροστό διάνυσμα μετατόπισης, το οποίο εφάπτεται σε μια διαδρομή που διατρέχει την επιφάνεια του αγωγού. Η διαδρομή αυτή μπορεί να είναι ευθεία ή καμπύλη και το ολοκλήρωμα σε αυτή τη διαδρομή ονομάζεται **επικαμπύλιο ολοκλήρωμα**. Το πεδίο $\vec{E}$ είναι πάντα κάθετο στη μετατόπιση $d\vec{s}$. Άρα:

$$\vec{E} \cdot d\vec{s} = 0$$

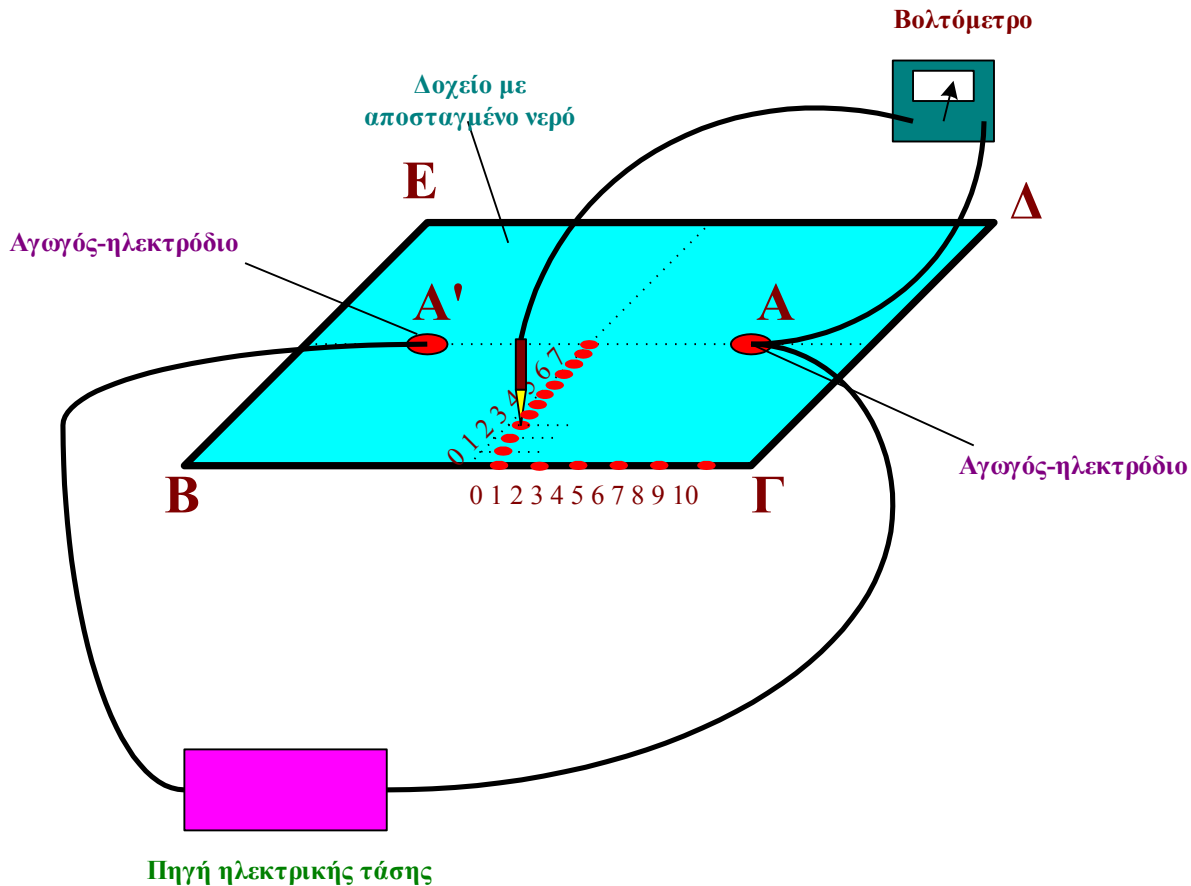
- Επομένως, η διαφορά δυναμικού μεταξύ των σημείων A και B είναι επίσης μηδενική.
- Σε κάθε σημείο της επιφάνειας ενός φορτισμένου αγωγού, ο οποίος βρίσκεται σε ισορροπία:

$V = \text{σταθερό}$, και άρα: $\Delta V = 0$ μεταξύ οποιουδήποτε ζεύγους σημείων της επιφάνειας.

- Η επιφάνεια κάθε φορτισμένου αγωγού που βρίσκεται σε ηλεκτροστατική ισορροπία είναι **ισοδυναμική**.
- Κάθε σημείο της επιφάνειας ενός φορτισμένου αγωγού που είναι σε ισορροπία έχει το ίδιο ηλεκτρικό δυναμικό.
- Επειδή στο εσωτερικό του αγωγού το ηλεκτρικό πεδίο είναι ίσο με μηδέν, συμπεραίνουμε ότι το ηλεκτρικό δυναμικό παντού στο εσωτερικό του αγωγού είναι σταθερό και ίσο με την τιμή του στην επιφάνεια.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

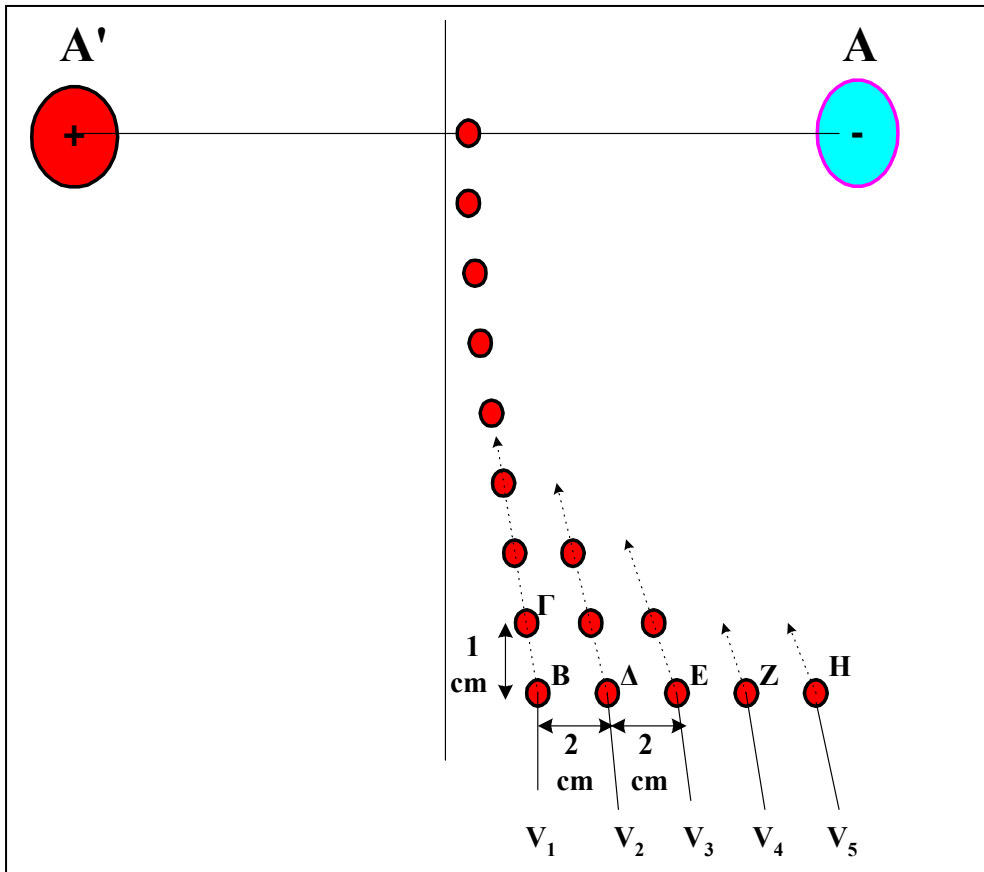
1. Επίπεδο μεγάλο δοχείο με αποσταγμένο νερό.
2. Τροφοδοτικό τάσης.
3. Ηλεκτρόδια.
4. Βολτόμετρο με τον ένα ακροδέκτη να είναι ακίδα.



ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

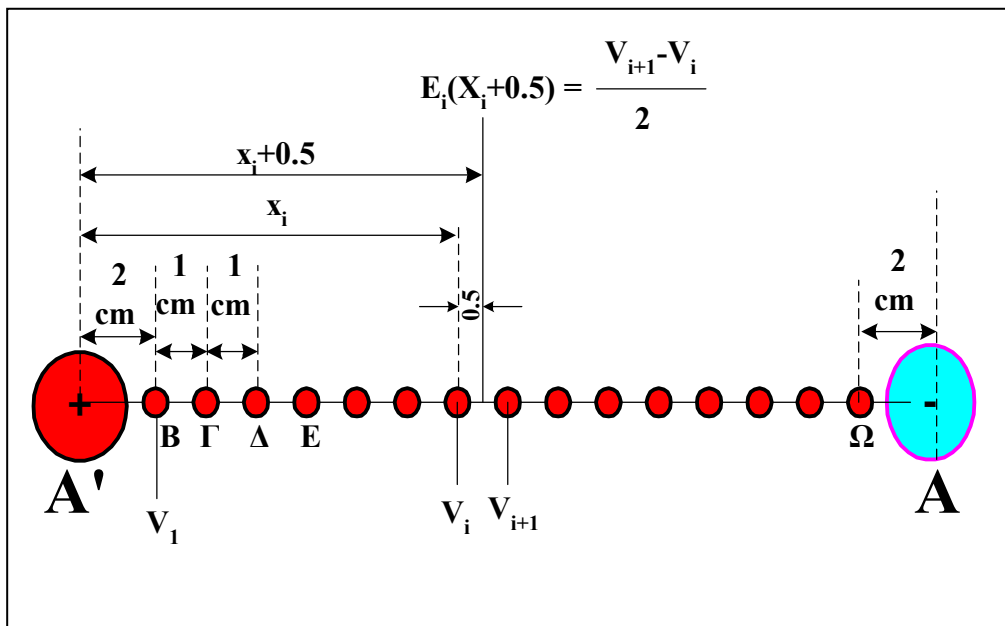
Εύρεση ισοδυναμικών γραμμών

1. Σε ένα μιλιμετρέ χαρτί να ορίσετε την αρχή των αξόνων Ο και τις ακριβείς θέσεις των κέντρων Α και Α' των αγωγών συμμετρικά ως προς το Ο.
2. Τα μετρούμενα σημεία που έχουν διαφορά δυναμικού $\Delta V=0$ να σχεδιάζονται απευθείας στο τεταρτημόριο του μιλιμετρέ χαρτιού σας που αντιστοιχεί στο ίδιο τεταρτημόριο του χαρτιού των μετρήσεών σας. Όταν ενώσετε αυτά τα σημεία θα εμφανιστούν οι ισοδυναμικές καμπύλες ενός ηλεκτρικού διπόλου.
3. Ξεκινήστε με την καταγραφή της ισοδυναμικής επιφάνειας που διέρχεται από το σημείο Β, όπως στο παρακάτω σχήμα. Σημειώστε τη τιμή της τάσης V_1 του βολτομέτρου.
4. Χρησιμοποιώντας 1cm κατακόρυφη απόσταση μεταξύ 2 διαδοχικών σημείων να σημειώστε όλα τα σημεία με το ίδιο δυναμικό V_1 μέχρι την οριζόντια γραμμή ΑΑ'. Επαναλάβετε την ίδια διαδικασία για να βρείτε τις ισοδυναμικές καμπύλες που διέρχονται από τα σημεία Δ, Ε, Ζ, Η, τα οποία βρίσκονται σε οριζόντια μεταξύ τους απόσταση ίση με 2 cm (ισαπέχουν) και έχουν διαφορετικές τιμές δυναμικού V_2, V_3, V_4 , και V_5 αντίστοιχα.



Μέτρηση της διαφοράς δυναμικού κατά μήκος της ευθείας Α'Α

1. Αρχίστε τις μετρήσεις από το σημείο που απέχει 2cm από το Α', καταγράφοντας στην δεύτερη στήλη του Πίνακα-I τις τιμές των διαδοχικών δυναμικών $V_1, V_2, \dots, V_n$, κάθε ένα 1 cm κατά μήκος του ευθυγράμμου τμήματος Α'Α μέχρι το σημείο Ω που απέχει 2cm από το σημείο Α, και αντιστοιχεί στη τελευταία τιμή V_n του δυναμικού.
2. Καταγράψτε στην πρώτη στήλη του Πίνακα-I την απόσταση x των παραπάνω διαδοχικών σημείων από το σημείο Α'.

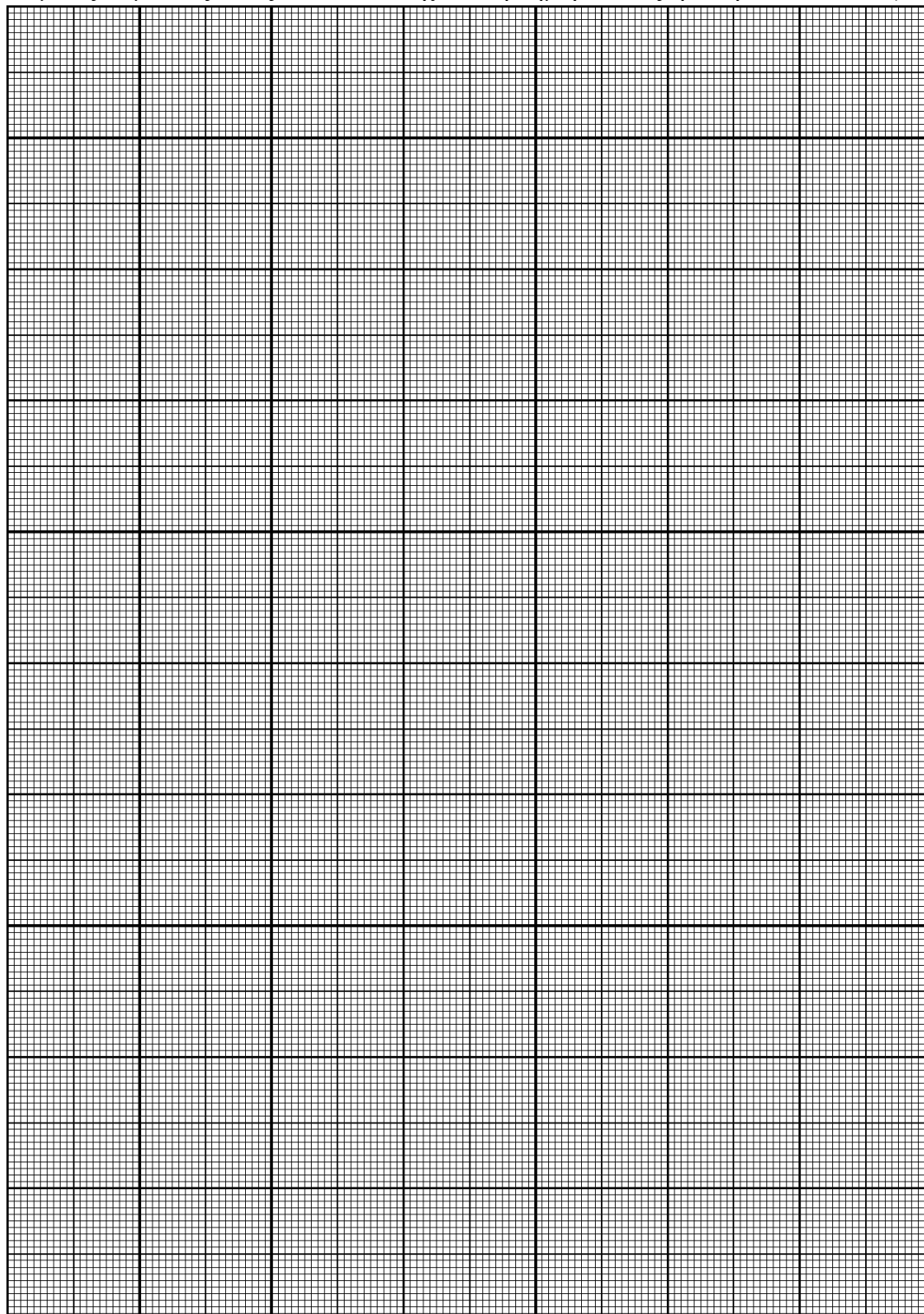


ΑΝΑΦΟΡΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

Α. Σχεδίαση των δυναμικών γραμμών του ηλεκτρικού πεδίου

Σχεδιάστε υπό κλίμακα στο ίδιο μιλιμετρέ χαρτί, χρησιμοποιώντας μόνον το τεταρτημόριο του διαγράμματος όπου κάνατε τις μετρήσεις σας, τα εξής :

- (i) τους 2 κύκλους της κυλινδρικής διατομής των 2 αγωγίμων ηλεκτροδίων με κέντρα τα σημεία Α και Α' αντίστοιχα,
- (ii) τις ισοδυναμικές καμπύλες ενώνοντας μεταξύ τους τα πειραματικά σημεία που αντιστοιχούν σε ίδιες τιμές δυναμικού,
- (iii) τις αντίστοιχες δυναμικές γραμμές του ηλεκτρικού πεδίου (πρέπει να είναι κάθετες στις ισοδυναμικές καμπύλες όπως στο αντίστοιχο τεταρτημόριο ενός ηλεκτρικού διπόλου).



ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ: