Τα τελευταία χρόνια, έχει βγει από την διδακτέα ύλη, κάθε αναφορά στην συμπεριφορά της ύλης, όταν βρεθεί μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο, όπως επίσης και το ηλεκτρικό πεδίο, που δημιουργεί ένα φορτισμένο σώμα, το οποίο δεν είναι σημειακό αντικείμενο. Έχουμε περιοριστεί να μελετάμε, το ηλεκτρικό πεδίο που οφείλεται σε σημειακά ηλεκτρικά φορτία και πέρα τούτου ουδέν…(με εξαίρεση μια απλοποιημένη διδασκαλία του πυκνωτή).

Ας θυμηθούμε λοιπόν μερικά πράγματα από φορτισμένους αγωγούς.

1. Φορτισμένος αγωγός.

Έστω ότι διαθέτουμε ένα φορτισμένο αγωγό. Στην περίπτωση αυτή ενδιαφέρον παρουσιάζει ένας αγωγό σε ηλεκτροστατική ισορροπία και οι βασικές ιδιότητες που περιγράφουν την κατάσταση είναι:

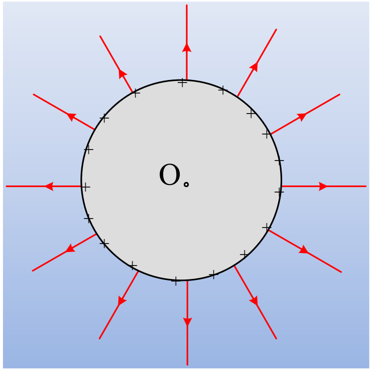
i) Παντού στο εσωτερικό του το ηλεκτρικό πεδίο είναι μηδενικό ($\vec{E}=0$).

ii) Όλο το (πλεονασματικό) φορτίο του αγωγού είναι κατανεμημένο στην εξωτερική του επιφάνεια.

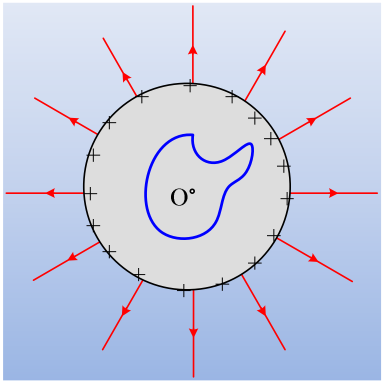
iii) Οι δυναμικές γραμμές του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργεί, είναι κάθετες στην επιφάνεια του αγωγού, η δε ένταση του πεδίου, σε ένα σημείο πολύ κοντά στην επιφάνειά του, έχει μέτρο $E=\dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}$, όπου σ η επιφανειακή πυκνότητα φορτίου στην περιοχή της επιφάνειας αυτής.

iv) Εάν ο αγωγός έχει ακανόνιστο σχήμα, τότε τα φορτία δεν ισοκατανέμονται στην επιφάνειά του, αλλά παρουσιάζεται μεγαλύτερη επιφανειακή πυκνότητα φορτίου, στα σημεία της επιφάνειας με μικρότερη ακτίνα καμπυλότητας. Με άλλα λόγια στις ακίδες έχουμε μεγαλύτερη συγκέντρωση φορτίων.

Ας δούμε λίγο αναλυτικά τις παραπάνω παραδοχές, παίρνοντας ως παράδειγμα μια αγώγιμη μεταλλική σφαίρα κέντρου Ο και ακτίνας R, η οποία είναι φορτισμένη, φέροντας θετικό φορτίο +Q. Το ηλεκτρικό της πεδίο είναι όπως αυτό του σχήματος:



Στο εσωτερικό της σφαίρας η ένταση είναι παντού μηδενική, αφού αν υποθέσουμε ότι σε κάποιο σημείο υπήρχε ηλεκτρικό πεδίο κάποιας έντασης, το αποτέλεσμα θα ήταν, να ασκούσε δύναμη στα ελεύθερα ηλεκτρόνια του αγωγού. Αλλά τότε θα είχαμε κίνηση φορτίων και ο αγωγός δεν θα ήταν σε ηλεκτροστατική ισορροπία.



Αλλά εφαρμόζοντας το νόμο του Gauss για μια τυχαία κλειστή επιφάνεια, όπως αυτή του διπλανού σχήματος, θα είχαμε:

$$\Phi_{o\lambda} = \frac{q_{o\lambda}}{\varepsilon_0} \text{ ή}$$

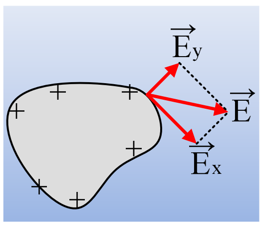
$$\oint E \cdot dA = \frac{q_{o\lambda}}{\varepsilon_0} = 0 \rightarrow q_{o\lambda}=0$$

Όπου $q_{o\lambda}$ το ολικό φορτίο που περικλείεται από την κλειστή επιφάνεια, που στο σχήμα μας έχει γαλάζιο χρώμα.

Αλλά με την λογική αυτή όσο και να μεγαλώσουμε την κλειστή μας επιφάνεια, αρκεί να είναι στο εσωτερικό της σφαίρας, πάντα θα ισχύει ότι το φορτίο που περικλείει είναι μηδενικό.

Δεν μένει από το να δεχτούμε, ότι το συνολικό φορτίο της σφαίρας κατανέμεται λοιπόν στην εξωτερική της επιφάνεια.

Αλλά γιατί η ένταση να είναι κάθετη στην επιφάνεια;



Έστω ότι κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει και η ένταση σε ένα σημείο της επιφάνειας, έχει την διεύθυνση του σχήματος, τότε θα είχαμε συνιστώσα E_x παράλληλη στην επιφάνεια, με αποτέλεσμα τα φορτία της επιφάνειας στο σημείο αυτό, θα δεχόταν δύναμη και θα κινούντο, παράλληλα στην επιφάνεια. Αλλά τότε δεν θα είχαμε ξανά ηλεκτροστατική ισορροπία.

Ας επιστρέψουμε τώρα στην φορτισμένη σφαίρα και ας πάρουμε μια ομόκεντρη σφαιρική επιφάνεια με ακτίνα απειροελάχιστα μεγαλύτερη της ακτίνας R της σφαίρας. Λόγω σφαιρικής συμμετρίας σε όλα τα σημεία της επιφάνειας η ένταση θα έχει το ίδιο μέτρο Ε.

Με εφαρμογή του νόμου του Gauss, θα είχαμε:

$$\Phi_{o\lambda} = \frac{q_{o\lambda}}{\varepsilon_0} \text{ ή}$$

$$\oint E \cdot dA = \frac{Q}{\varepsilon_0} \rightarrow$$

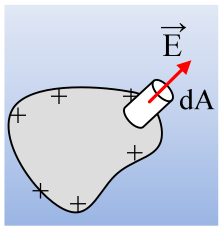
$$E\oint dA = \frac{Q}{\varepsilon_0} \rightarrow E \cdot 4\pi R^2 = \frac{Q}{\varepsilon_0} \text{ ή}$$

$$E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R^2} \quad (1)$$

Παρατηρούμε δηλαδή ότι η ένταση σε σημεία, πολύ κοντά στην επιφάνεια της σφαίρας, δίνεται από την γνωστή μας σχέση που ξέρουμε για το ηλεκτρικό πεδίο σημειακού φορτίου. Ή να το πούμε με άλλα λόγια, το ηλεκτρικό πεδίο στο εξωτερικό μιας φορτισμένης σφαίρας, είναι απολύτως ίδιο με το ηλεκτρικό πεδίο που θα είχαμε, αν το φορτίο ήταν συγκεντρωμένο στο κέντρο της.

Εξάλλου το εμβαδόν της παραπάνω σφαίρας είναι $A=4\pi R^2$ συνεπώς η επιφανειακή πυκνότητα φορτίου θα είναι $\sigma = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{4\pi R^2}$ και η σχέση (1) γίνεται:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

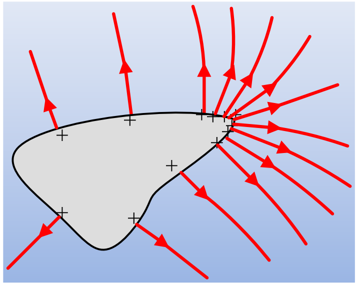


Σχέση, που ισχύει και σε κάθε περίπτωση, αφού και σε μια τυχαίου σχήματος επιφάνεια, όπως αυτή του διπλανού σχήματος, θα μπορούσαμε να πάρουμε σαν επιφάνεια Gauss, την επιφάνεια ενός μικρού κυλίνδρου με βάση ίση με το στοιχειώδες τμήμα dA της επιφάνειας, οπότε:

$$\Phi_{o\lambda} = \frac{q_{o\lambda}}{\varepsilon_0} \rightarrow$$

$$E \cdot dA = \frac{dq}{\varepsilon_0} \rightarrow$$

$$E = \frac{dq}{dA\,\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$



Τέλος αν δούμε την κατανομή των φορτίων στην νεια στην περίπτωση που ο αγωγός παρουσιάζει μια ακίδα, θα πάρουμε την εικόνα του διπλανού σχήματος. Στην περιοχή της ακίδας παρουσιάζεται μεγάλη συγκέντρωση φορτίων. Παλιότερα αυτό λεγόταν «**η δύναμη των ακίδων**», πάνω στην οποία στηρίζεται η χρήση του αλεξικέραυνου.

dmargaris@sch.gr