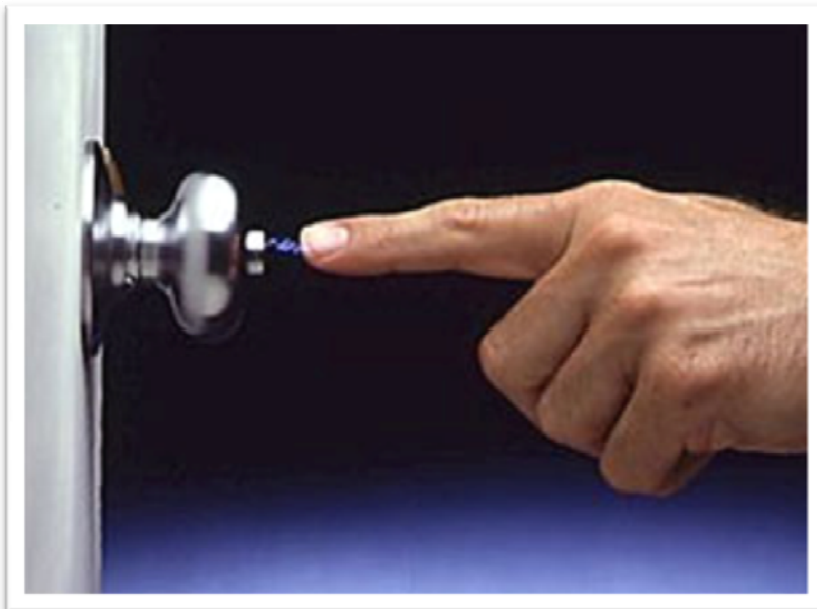


ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Στατικός Ηλεκτρισμός

Βασίλης Γαργανουράκης
Φυσική Γ' Γυμνασίου
<http://users.sch.gr/vgargan>

Τι είναι ο Στατικός Ηλεκτρισμός;

- Στατικά (ακίνητα) ηλεκτρικά φορτία που βρίσκονται στο εσωτερικό ή στην επιφάνεια ενός υλικού



Ιστορία – Αρχαία Ελλάδα

- Ο ηλεκτρισμός ήταν γνωστός από την αρχαιότητα.
 - Ο Θαλής ο Μιλήσιος, τον 6ο αιώνα π.Χ., παρατήρησε ότι το **ήλεκτρο** (κεχριμπάρι) όταν το έτριβε με μάλλινο ύφασμα αποκτούσε την ιδιότητα να έλκει από απόσταση ελαφρά αντικείμενα
 - όπως ξερά φύλλα, στάχια, πούπουλα και κλωστές.
 - Τα φαινόμενα αυτά ονομάστηκαν «ηλεκτρικά» από το όνομα του ήλεκτρου.



Ιστορία – 16^{ος} αιώνας

- Το 16ο αιώνα ο Γουίλιαμ Γκίλμπερτ (William Gilbert) άρχισε να μελετά συστηματικά τα ηλεκτρικά φαινόμενα.
 - φυσικός και γιατρός που έζησε στην Αγγλία
 - με τον Γκίλμπερτ αρχίζει ουσιαστικά η ιστορία του ηλεκτρισμού.



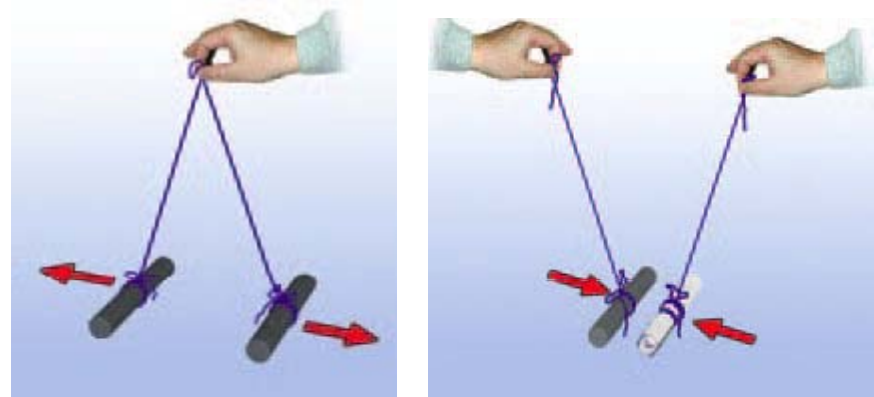
Απλό Παράδειγμα

- Μετά που θα χτενίσετε τα μαλλιά σας γνωρίζετε ότι η χτένα μπορεί να έλκει (τραβήξει) μικρά κομματάκια χαρτιού
 - Η χτένα φέρει ηλεκτρικό φορτίο
 - Η χτένα ασκεί ηλεκτρική δύναμη στο χαρτί



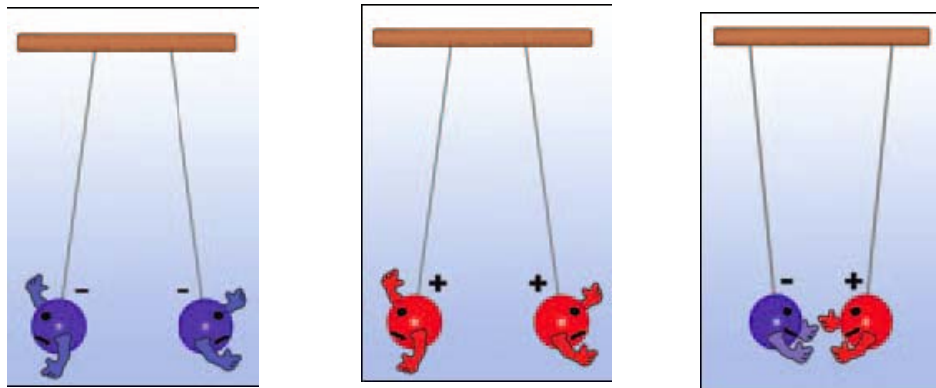
Άλλο Απλό Παράδειγμα

- Όταν τρίψετε δύο πλαστικές ράβδους με μάλλινο ύφασμα και τις πλησιάσετε αυτές **απωθούνται**
- Αν τρίψετε μια γυάλινη ράβδο με μεταξωτό ύφασμα και μια πλαστική με μάλλινο και στη συνέχεια τις πλησιάσεις, οι δύο ράβδοι **έλκονται**
 - Οι ηλεκτρικές δυνάμεις άλλοτε είναι **ελκτικές** και άλλοτε **απωστικές**.
 - Συνεπώς υπάρχουν δύο διαφορετικά είδη φορτίου.



Ηλεκτρικά Φορτία

- Για να εξηγήσουμε την προέλευση και τις ιδιότητες των ηλεκτρικών δυνάμεων, δεχόμαστε ότι η ύλη έχει μια ιδιότητα που τη συνδέουμε με ένα φυσικό μέγεθος: **το ηλεκτρικό φορτίο.**
- Το γεγονός ότι οι ράβδοι, άλλοτε **έλκονται** και άλλοτε **απωθούνται** αυτό μας αναγκάζει να δεχθούμε ότι **υπάρχουν τουλάχιστον δύο διαφορετικά είδη φορτίου.**





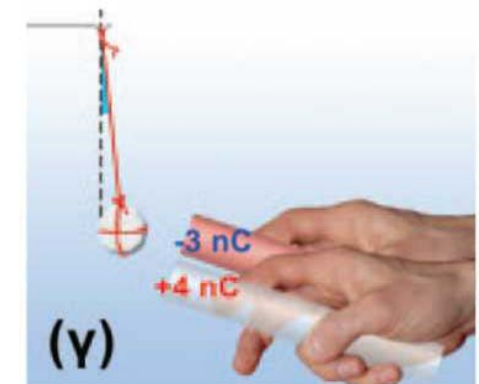
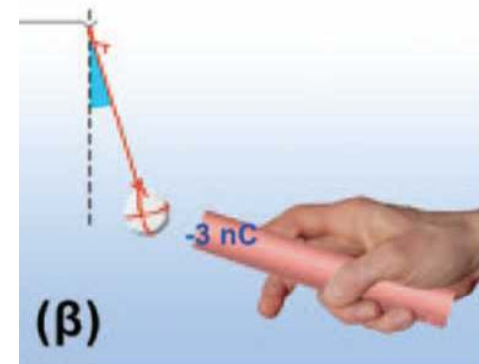
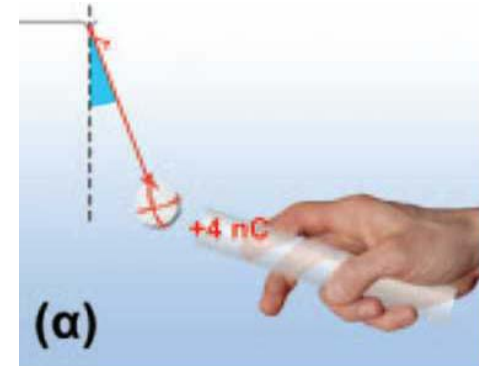
Charles Augustin
de Coulomb

Μέτρηση του Ηλεκτρικού Φορτίου

- Γενικά δεχόμαστε ότι **η ηλεκτρική δύναμη που ασκεί (ή ασκείται σε) ένα φορτισμένο σώμα είναι ανάλογη του ηλεκτρικού φορτίου του.**
- Η μονάδα του ηλεκτρικού φορτίου στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.) ονομάζεται **Κουλόμπ** (Coulomb)
 - Το ηλεκτρικό φορτίο συμβολίζεται με το γράμμα **q** ή **Q**.
- Το 1 C είναι μεγάλη μονάδα φορτίου γι' αυτό στις εφαρμογές συνήθως χρησιμοποιούμε υποπολλαπλάσια του 1 C:
 - το 1 μC (ένα μικροκουλόμπ) με $1 \mu\text{C} = 10^{-6}\text{C}$
 - το 1 nC (ένα νανοκουλόμπ) με $1 \text{nC} = 10^{-9}\text{C}$.

Συνολικό φορτίο

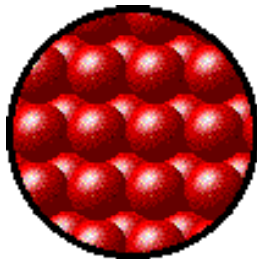
- Γενικά το **ολικό φορτίο** δύο ή περισσότερων φορτισμένων σωμάτων ισούται με το **αλγεβρικό άθροισμα** των φορτίων τους.
 - $q = q_1 + q_2 = (+4 \text{ nC}) + (-3 \text{ nC}) = 1 \text{ nC}$
- Όταν το **συνολικό φορτίο** ενός ή περισσότερων σωμάτων **είναι ίσο με το μηδέν**, τότε το σώμα ή το σύνολο των σωμάτων ονομάζεται **ηλεκτρικά ουδέτερο**.



Δομή της Ύλης

- Η ύλη γύρω μας αποτελείται από μικροσκοπικά σωματίδια που λέγονται **άτομα**

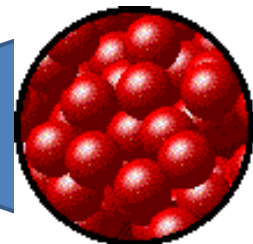
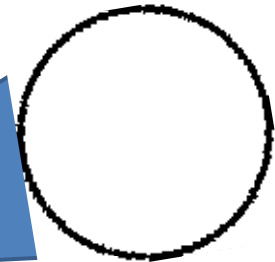
Στερεά: τα άτομα κινούνται γύρω από καθορισμένες θέσεις



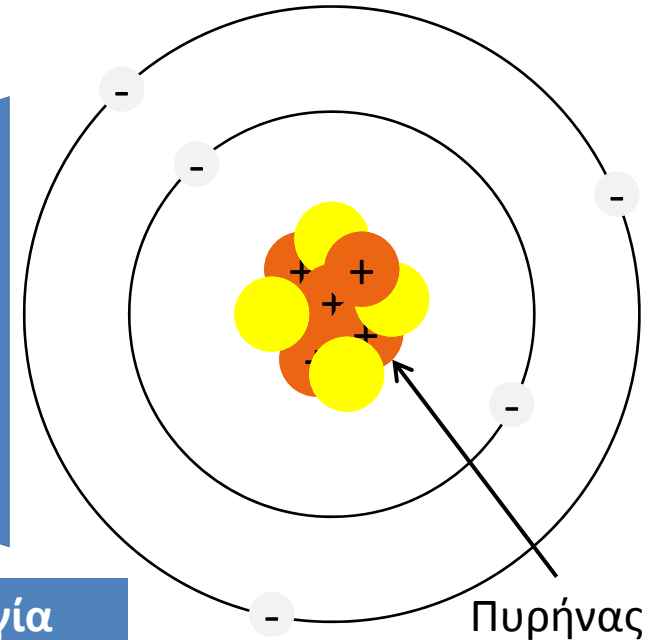
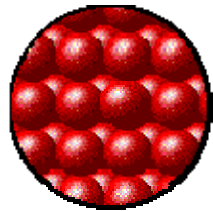
Υγρά: τα άτομα γλιστράνε το ένα πάνω στο άλλο



Αέρια: τα άτομα κινούνται ελεύθερα



Δομή του Ατόμου



Εικόνα	Ονομασία	Αναλογία Μαζών	Αναλογία Φορτίου	Αναλογία Ποσότητας
-	Ηλεκτρόνιο	1	-1	1
+	Πρωτόνιο	1836	1	1
	Νετρόνιο	1836	0	ποικίλει

Αρ. ηλεκτρονίων = Αρ. πρωτονίων $\Rightarrow$ Συνολικό Φορτίο Ατόμου = 0

Φόρτιση Σωμάτων

- Τα πρωτόνια δεν μπορούν να μετακινηθούν εύκολα γιατί έχουν μεγάλη μάζα και επιπλέον βρίσκονται παγιδευμένα στο εσωτερικό των πυρήνων των ατόμων.
- Η φόρτιση των σωμάτων γίνεται με μεταφορά ηλεκτρονίων.
 - Στην περίπτωση που το σώμα έχει προσλάβει ηλεκτρόνια αποκτά πλεόνασμα ηλεκτρονίων και αποκτά αρνητικό φορτίο.
 - Αν έχει αποβάλλει ηλεκτρόνια, τότε έχει έλλειμμα ηλεκτρονίων, οπότε υπερिशύει το θετικό φορτίο των πρωτονίων και το σώμα έχει ολικό φορτίο θετικό

Φόρτιση Σωμάτων

- Επειδή στο εσωτερικό των ατόμων υπάρχουν σωματίδια με δύο είδη ηλεκτρικού φορτίου (πρωτόνια και ηλεκτρόνια). γι' αυτό στη φύση εμφανίζονται μόνο δύο είδη ηλεκτρικού φορτίου (θετικά και αρνητικά).
- Η απόσπαση ηλεκτρονίων από τα άτομα ενός σώματος απαιτεί την προσφορά ενέργειας, έτσι ώστε να μπορέσουν τα ηλεκτρόνια να υπερνικήσουν την έλξη των πυρήνων.

Ιδιότητες Ηλεκτρικού Φορτίου

- Αρχή Διατήρησης Ηλ. Φορτίου
 - Το Ηλ. φορτίο δεν καταστρέφεται ούτε δημιουργείται, μόνο μεταφέρεται.
- Το Ηλ. φορτίο οφείλεται στα ηλεκτρόνια οπότε θα είναι ακέραιο πολλαπλάσιο αυτού.
 - Ένα ηλεκτρόνιο δεν είναι δυνατό να διαιρεθεί
- Μονάδα μέτρησης φορτίου: **Coulomb (C)**
 - $1\text{ C} = \text{φορτίο } 6.24 \times 10^{18} \text{ ηλεκτρονίων}$



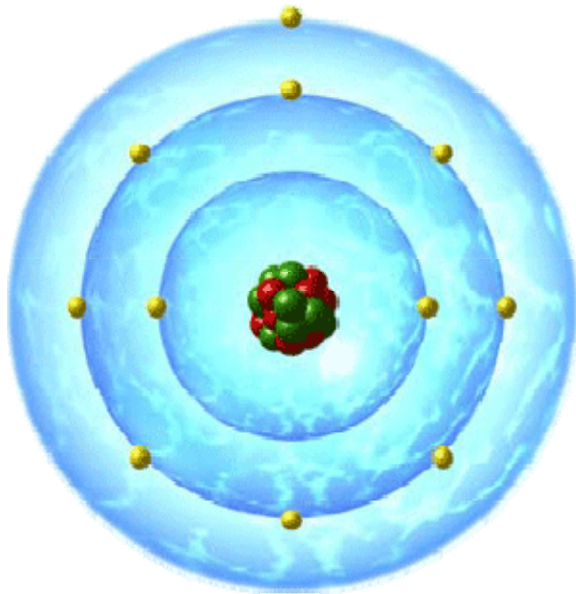
Charles Augustin
de Coulomb

Τρόποι Ηλέκτρισης

- Υπάρχουν 3 τρόποι:
 - **ΤΡΙΒΗ**
 - **ΕΠΑΦΗ**
 - **ΕΠΑΓΩΓΗ**

Τα Χαλαρά ηλεκτρόνια

- Στα άτομα κάποιων αντικειμένων (π.χ. Γυαλί) τα ηλεκτρόνια βρίσκονται μακριά από τον πυρήνα.
 - Ο πυρήνας δεν τα συγκρατεί με μεγάλη δύναμη
- Αυτά τα **εξωτερικά ηλεκτρόνια** μπορούν εύκολα να φύγουν από τα άτομα π.χ. με τριβή

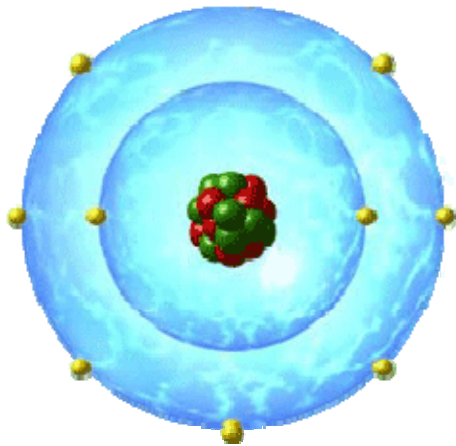


Ο πυρήνας μένει
πάντα ακίνητος!!!



Τα Δέσμια Ηλεκτρόνια

- Σε κάποια άλλα αντικείμενα (π.χ. ύφασμα) τα άτομα συγκρατήσουν όλα τους τα ηλεκτρόνια με ισχυρές δυνάμεις.
- Τόσο ισχυρές που εύκολα μπορούν να πάρουν και επιπλέον ηλεκτρόνια.

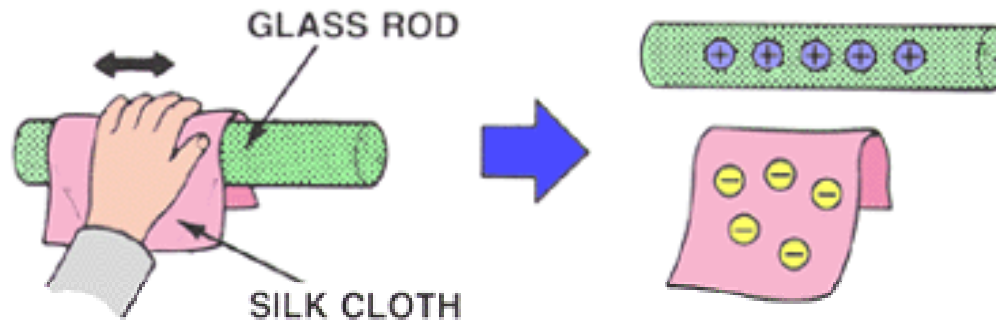


Ο πυρήνας μένει
πάντα ακίνητος!!!



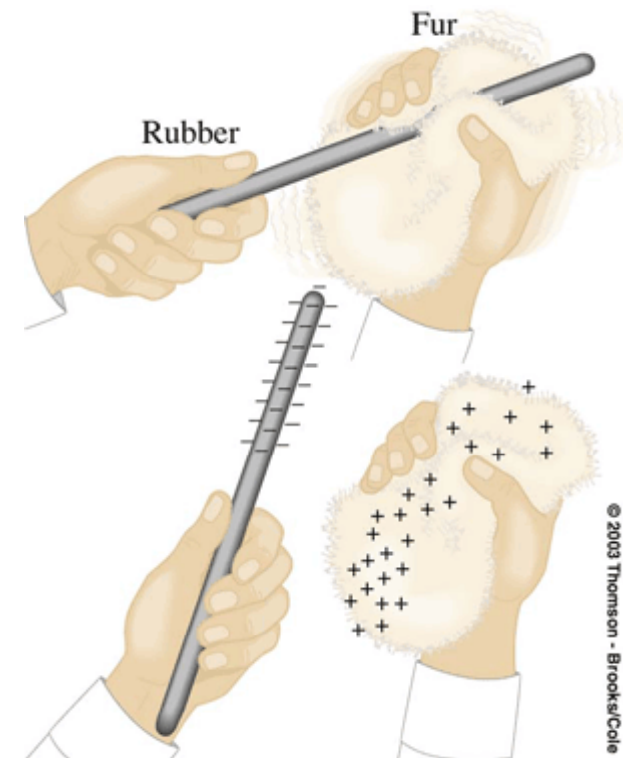
Φόρτιση με Τριβή

- Όταν τρίβεις τη γυάλινη ράβδο στο μεταξωτό ύφασμα εξωτερικά ηλεκτρόνια από άτομα του γυαλιού μετακινούνται στο ύφασμα. Έτσι η γυάλινη ράβδος φορτίζεται θετικά και το ύφασμα αρνητικά.



Φόρτιση με Τριβή

- Γιατί αν τρίψω μία πλαστική ράβδο με γούνα θα έχω αντίστροφα αποτελέσματα;
- Όλα τα υλικά δεν αποτελούνται από τα ίδια άτομα



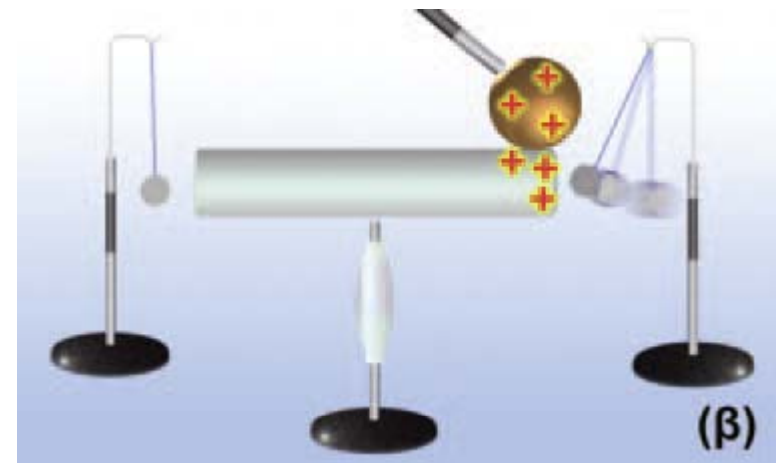
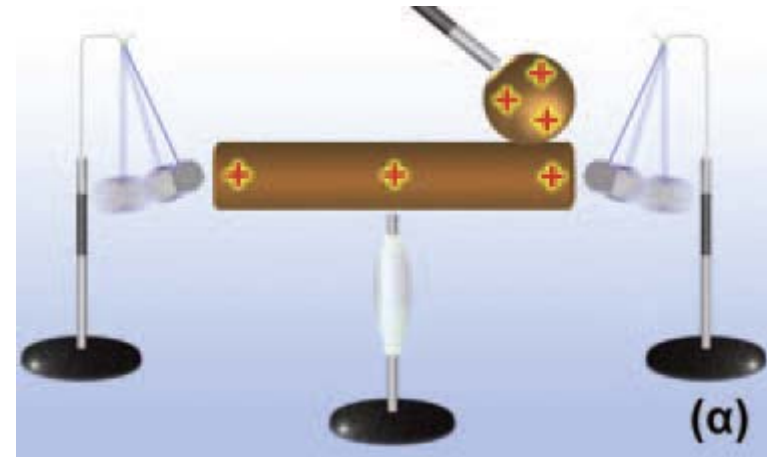
Παράδειγμα: Τρίψιμο μαλλιών σε μπαλόνι

- Τι φορτίο θα αποκτήσει το μπαλόνι και τι τα μαλλιά μας;
 - Ηλεκτρόνια φεύγουν από τα μαλλιά προς το μπαλόνι
 - Μαλλιά αποκτούν (+) φορτίο
 - Μπαλόνι αποκτά (-) φορτίο
- Θα έλκονται ή θα απωθούνται;



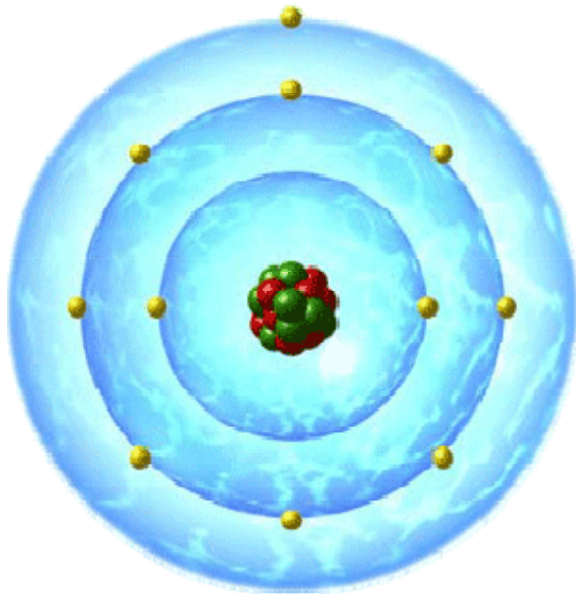
Αγωγοί και Μονωτές

- (α) Φόρτιση με επαφή μιας μεταλλικής ράβδου. Η ράβδος φορτίζεται σε όλη της την επιφάνεια
- (β) Φόρτιση με επαφή μιας πλαστικής ράβδου. Φορτίζεται μόνο η περιοχή που ήρθε σε επαφή με τη φορτισμένη σφαίρα.



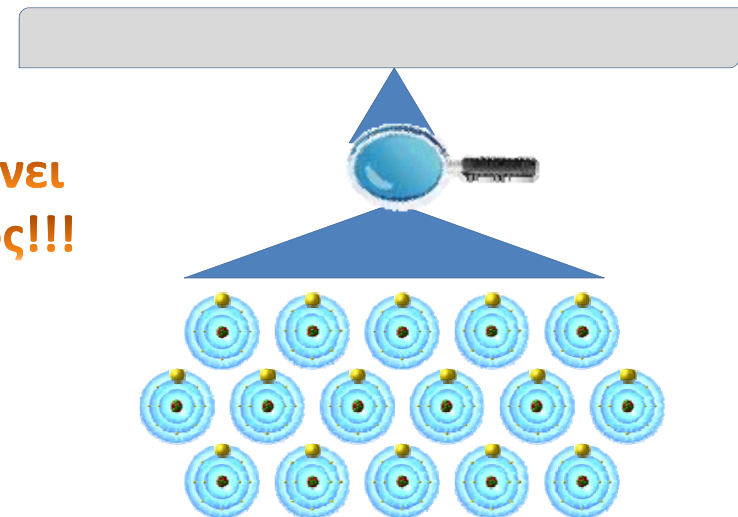
Ηλεκτρικοί Αγωγοί

- Στα άτομα κάποιων αντικειμένων (π.χ. μέταλλα) τα ηλεκτρόνια βρίσκονται μακριά από τον πυρήνα άτομα δεν μπορούν να συγκρατήσουν τα (εξωτερικά) ηλεκτρόνια
- Αυτά διαφεύγουν και κινούνται τυχαία από άτομο σε άτομο.
- Ονομάζονται **Ελεύθερα Ηλεκτρόνια**



Ο πυρήνας μένει
πάντα ακίνητος!!!

Μεταλλική Ράβδος

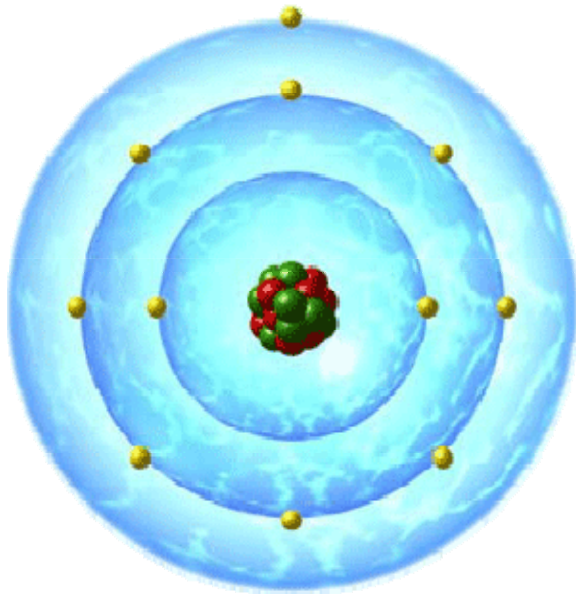


Ηλεκτρικοί Αγωγοί

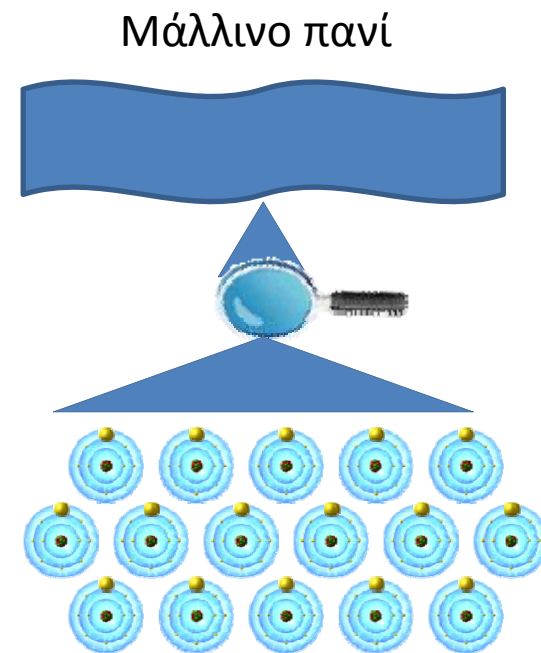
- Τα σώματα που επιτρέπουν το διασκορπισμό του ηλεκτρικού φορτίου σε όλη τους την έκταση ονομάζονται **ηλεκτρικοί αγωγοί**.
- Αν προσληφθούν ή αποβληθούν ηλεκτρόνια από μια περιοχή του μεταλλικού αγωγού, τότε λόγω της τυχαίας κίνησης των ελεύθερων ηλεκτρονίων αυτό το πλεό/ασμα ή το έλλειμμα θα κατανεμηθεί ομοιόμορφα σε όλη την έκταση του αγωγού.
- Όλα τα μέταλλα είναι αγωγοί. Ο σίδηρος, ο χαλκός, το αλουμίνιο, ο υδράργυρος, ο μόλυβδος.

Ηλεκτρικοί Μονωτές

- Κάποια άλλα άτομα συγκρατήσουν όλα τους τα ηλεκτρόνια με ισχυρές δυνάμεις.
- Αυτά τα ηλεκτρόνια κινούνται περιορισμένα στον πυρήνα τους



Ο πυρήνας μένει
πάντα ακίνητος!!!

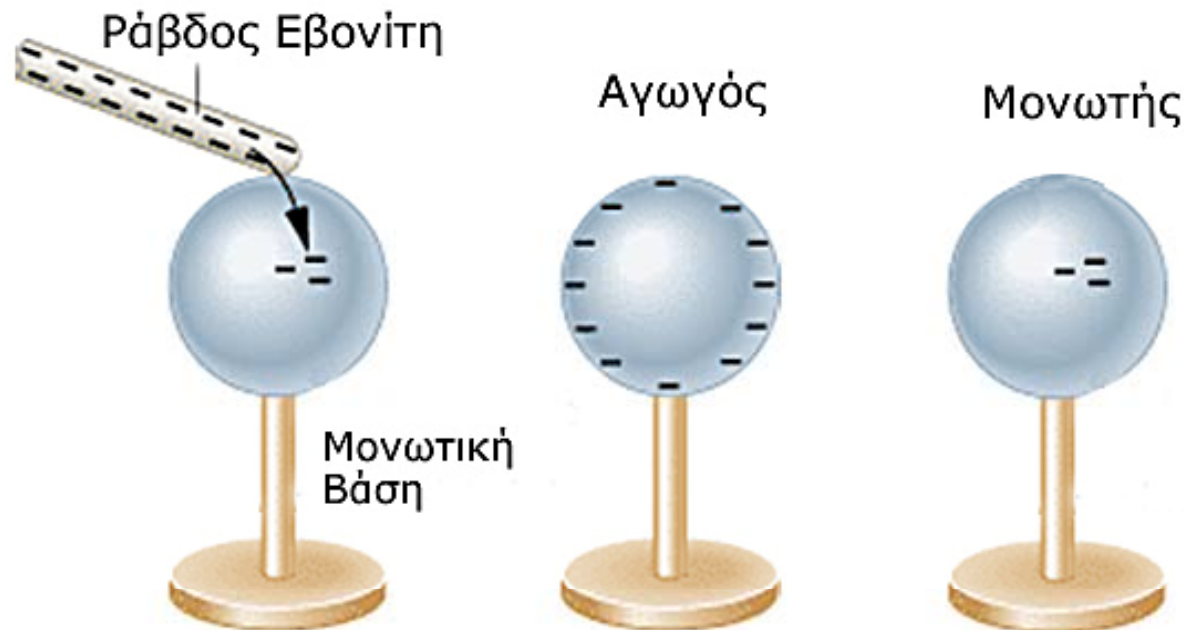


Ηλεκτρικοί Μονωτές

- Τα σώματα στα οποία το φορτίο δεν διασκορπίζεται, αλλά παραμένει εντοπισμένο στην περιοχή του σώματος που φορτίσαμε ονομάζονται **ηλεκτρικοί μονωτές**.
- Αν προσληφθούν ηλεκτρόνια, αυτά θα παραμείνουν παγιδευμένα από τα άτομα στην περιοχή της φόρτισης. Αν αποβληθούν, το έλλειμμα των ηλεκτρονίων θα παραμείνει πάλι εντοπισμένο.
- Μονωτικά υλικά είναι: Το πλαστικό, το γυαλί, το καουτσούκ, ο εβονίτης, η πορσελάνη, το κερί, το ξύλο και το καθαρό νερό.

Φόρτιση με Επαφή

- Φέροντας σε **επαφή** ένα φορτισμένο αντικείμενο με ένα αφόρτιστο προκαλείται η **ροή** ηλεκτρονίων από το ένα στο άλλο

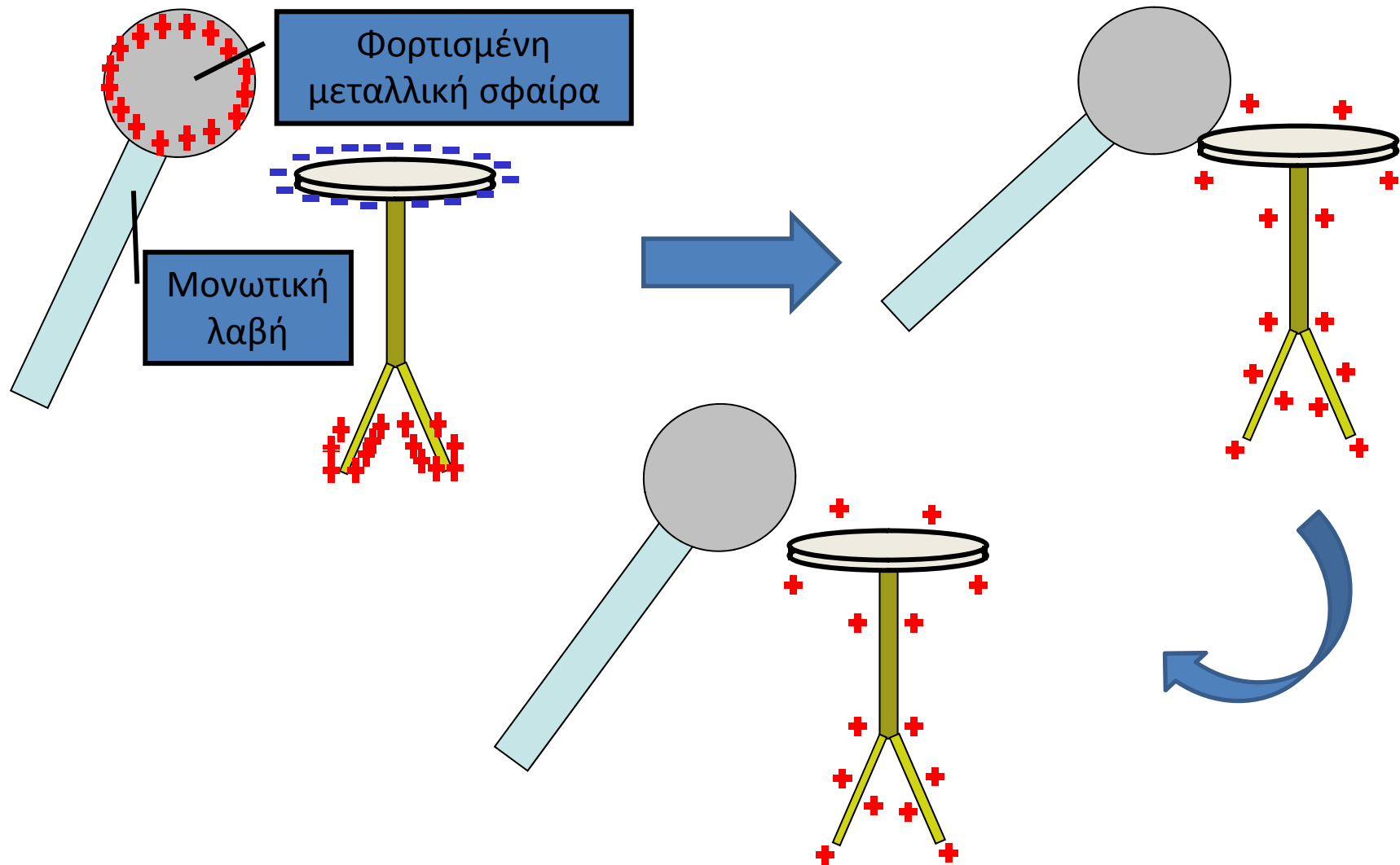


Το Ηλεκτροσκόπιο



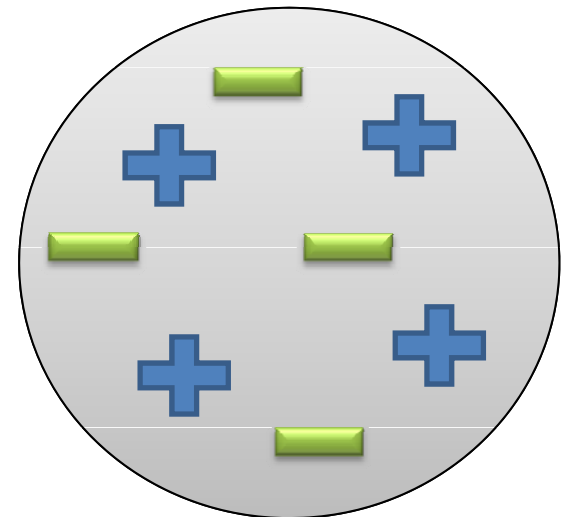
- Ανιχνεύει και μετράει το ηλεκτρικό φορτίο
- Η ποσότητα φορτίου είναι ανάλογη της γωνίας εκτροπής των μεταλλικών ελασμάτων
- Μεγαλύτερη γωνία $\Rightarrow$ περισσότερο φορτίο

Φόρτιση Ηλεκτροσκοπίου



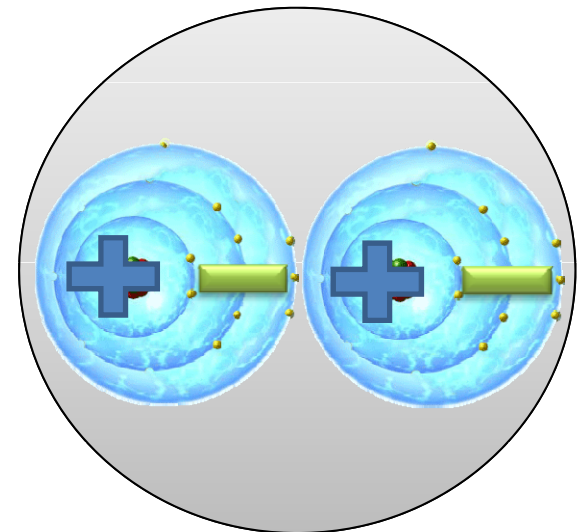
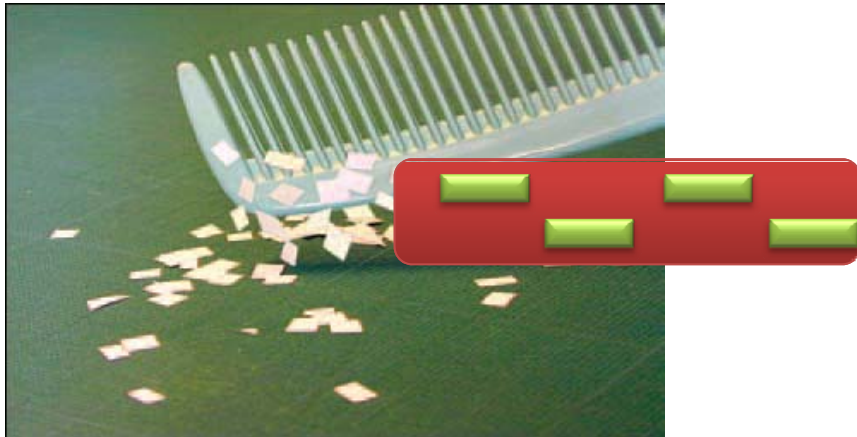
Επαγωγή σε αγωγούς

- Πλησιάζοντας ένα φορτισμένο αντικείμενο κοντά σε ένα αφόρτιστο αγωγό (χωρίς επαφή) προκαλείται η αναδιάταξη των ηλεκτρονίων στον αγωγό.



Επαγωγή σε Μονωτές

- Πλησιάζοντας ένα φορτισμένο αντικείμενο κοντά σε ένα αφόρτιστο μονωτή προκαλείται η πόλωση των ατόμων στο αντικείμενο αυτό.



Γείωση (Αποφόρτιση)

- Έδαφος
 - Μία άπειρη δεξαμενή e^-
 - Μπορεί να δώσει ή να πάρει e^- για να εξουδετερώσει το φορτίο ενός αντικειμένου
- Η Γείωση μας προστατεύει από ηλεκτροπληξίες



Κεραυνοί

Η σύγκρουση μεταξύ των σταγονιδίων νερού δημιουργεί φορτία. Τα αρνητικά κατεβαίνουν χαμηλά και ψηλά υπάρχει περίσσια θετικών

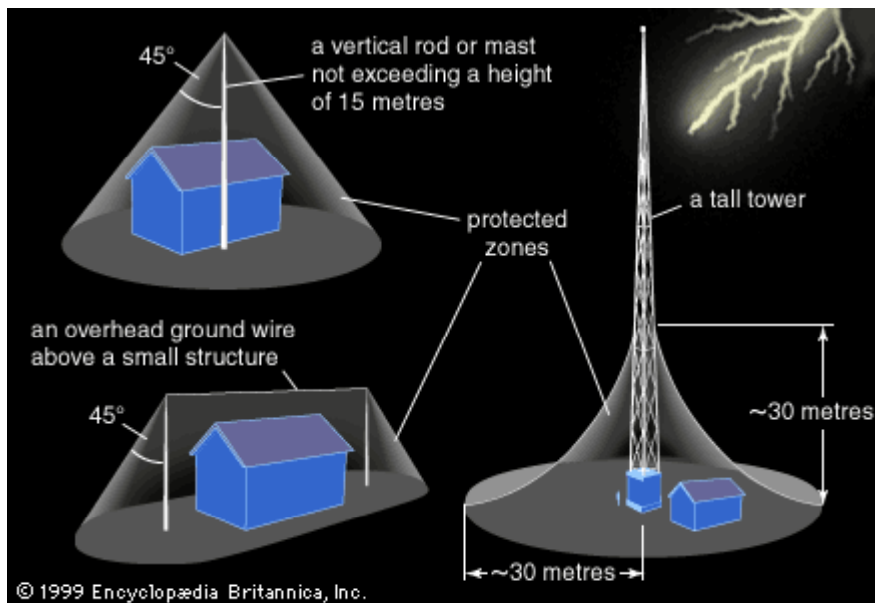


Οι κεραυνοί προκαλούνται λόγω μεγάλης κλίμακας στατικών φορτίων

Λόγω των μεγάλων φορτίων ο αέρας γίνεται καλός αγωγός και τα ηλεκτρόνια φτάνουν στο έδαφος με τη μορφή κεραυνού

Κεραυνοί

- Στα φορτία αρέσει να πηγαίνουν στις μύτες
- Τα αλεξικέραυνα εμποδίζουν τους κεραυνούς να κτυπήσουν σε ψηλά μέρη (κτήρια, δέντρα κτλ) οδηγώντας το φορτίο τους στο έδαφος



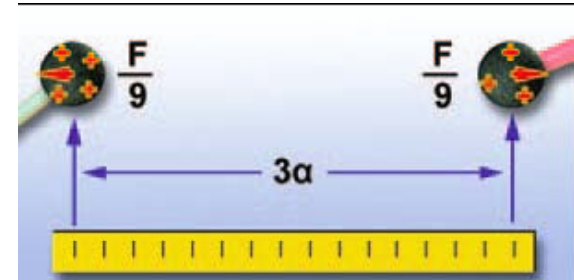
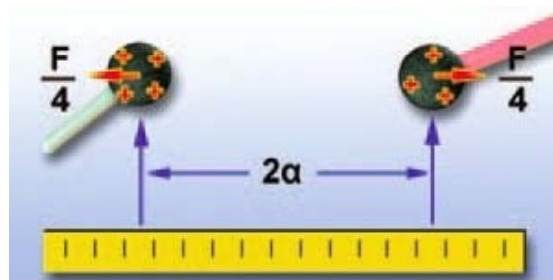
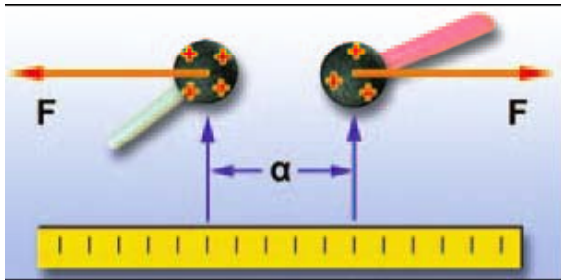
Ηλεκτρική Δύναμη

- Από ποια μεγέθη και πως εξαρτάται το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης που ασκείται από ένα φορτισμένο σωματίδιο σε ένα άλλο;
- Charles Augustin de Coulomb (1736-1806)
 - Γάλλος στρατιωτικός που έθεσε τις βάσεις του μαγνητισμού και στατικού ηλεκτρισμού

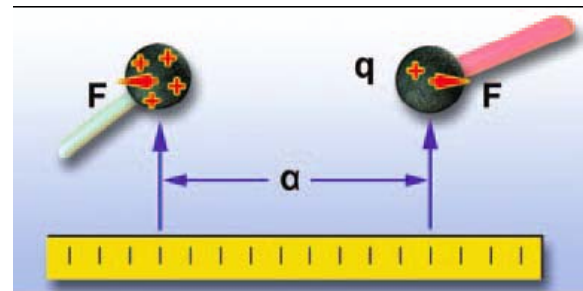
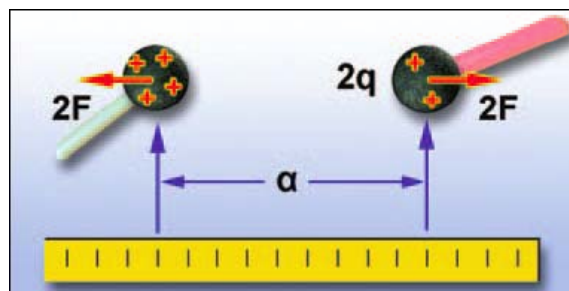
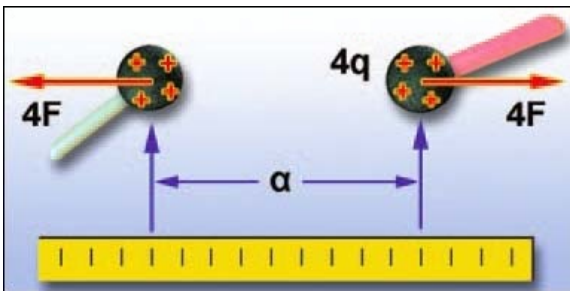


Πειραματικά ευρήματα Coulomb

Σε σχέση με την απόσταση



Σε σχέση με το φορτίο



Νόμος Coulomb

- Το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης με την οποία αλληλεπιδρούν δύο σημειακά στατικά φορτία είναι ανάλογο του γινομένου των φορτίων και αντιστρόφως ανάλογο του τετραγώνου της απόστασης τους.
- Το K είναι μια σταθερά αναλογίας και εξαρτάται από το υλικό που βρίσκονται τα φορτία.

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

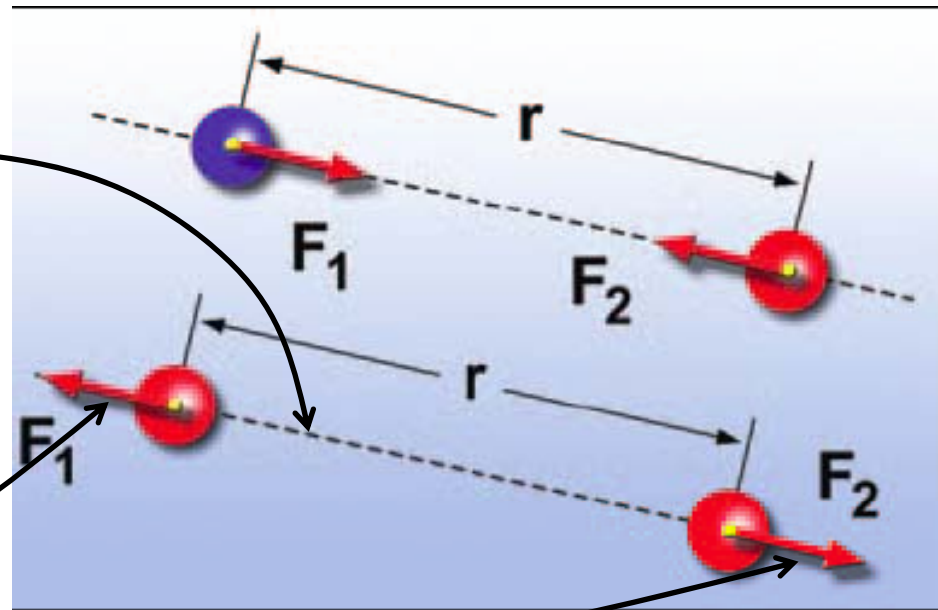
Για το κενό έχει τιμή: $K = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$

Παρατηρήσεις στο νόμο Coulomb

- Ισχύει για στατικά (ακίνητα) φορτία.
- Η δύναμη είναι διανυσματικό μέγεθος.
 - Για να την ορίσουμε πλήρως εκτός από το μέτρο χρειαζόμαστε τη διεύθυνση και τη φορά

διεύθυνση

φορά

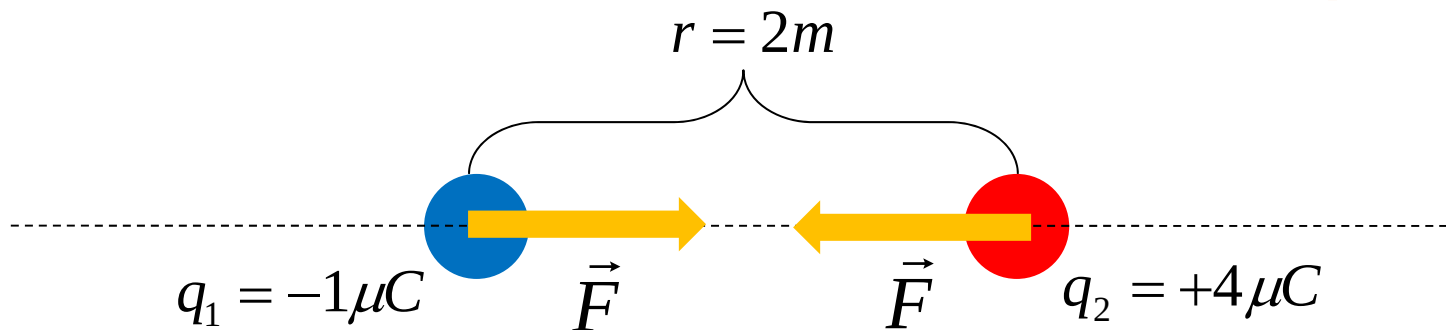


Παράδειγμα

- Άσκηση 1 (σελ 32, σχολικό βιβλίο)

$$\begin{aligned} |F| &= \left| K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \right| = \left| 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \cdot \frac{(-1 \cdot 10^{-6} C) \cdot (+4 \cdot 10^{-6} C)}{(2m)^2} \right| = \\ &= \left| 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \cdot \frac{-4 \cdot 10^{-12} C^2}{4m^2} \right| = \\ &= 9 \cdot 10^{-3} N \end{aligned}$$

**Πόση θα γίνει η δύναμη
αν η απόσταση ήταν
διπλάσια δηλ 4m;**



Ηλεκτρικές και Βαρυτικές δυνάμεις

- Στον κόσμο του διαστήματος (μακρόκοσμο) κυριαρχούν οι βαρυτικές δυνάμεις ενώ στον κόσμο των ατόμων (μικρόκοσμο) οι ηλεκτρικές.



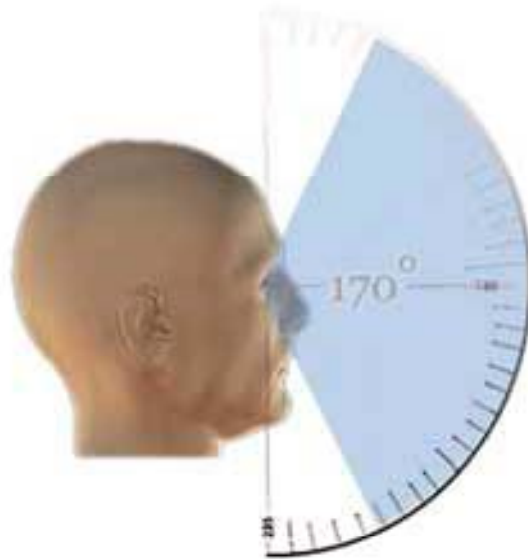
$$|F| = \left| G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \right|$$



$$|F| = \left| K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \right|$$

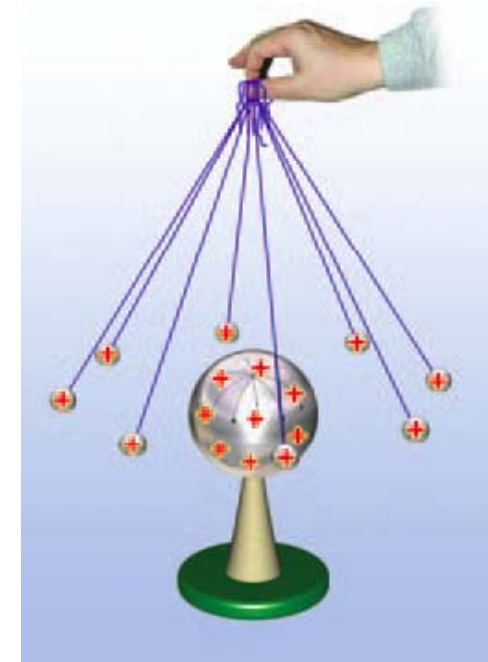
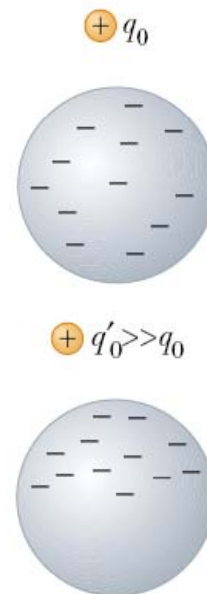
Πεδίο

- Ο χώρος στον οποίο εάν εισέλθει ένα άτομο ή αντικείμενο θα υποστεί μια δράση
 - Οπτικό πεδίο



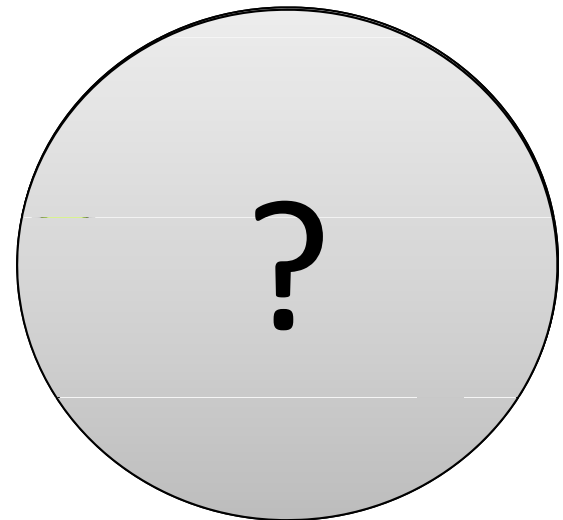
Ηλεκτρικό Πεδίο

- Ηλεκτρικό πεδίο υπάρχει σε μια περιοχή γύρω από ένα φορτισμένο αντικείμενο (πηγή). Όταν ένα άλλο φορτισμένο αντικείμενο (δοκιμαστικό) εισέλθει στην περιοχή αυτή θα του ασκηθεί ηλεκτρική δύναμη.
 - Το δοκιμαστικό φορτίο πρέπει να είναι μικρότερο σε σχέση με την πηγή για να μην αλλάξει η κατανομή φορτίου της πηγής



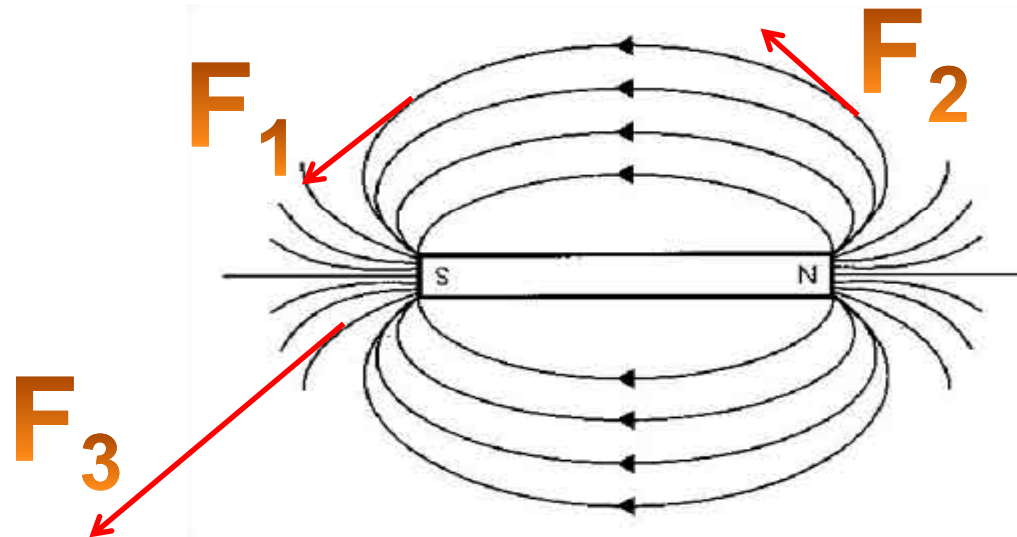
Ανίχνευση Ηλεκτρικού Πεδίου

- Πως θα διαπιστώσουμε αν σε μια περιοχή του χώρου υπάρχει (ή όχι) ηλεκτρικό πεδίο;
 - Αρκεί να τοποθετήσουμε στην περιοχή ένα μικρό φορτισμένο σώμα.
 - Αν υπάρχει πεδίο θα ασκηθεί πάνω σε αυτό δύναμη (ελκτική ή απωστική)



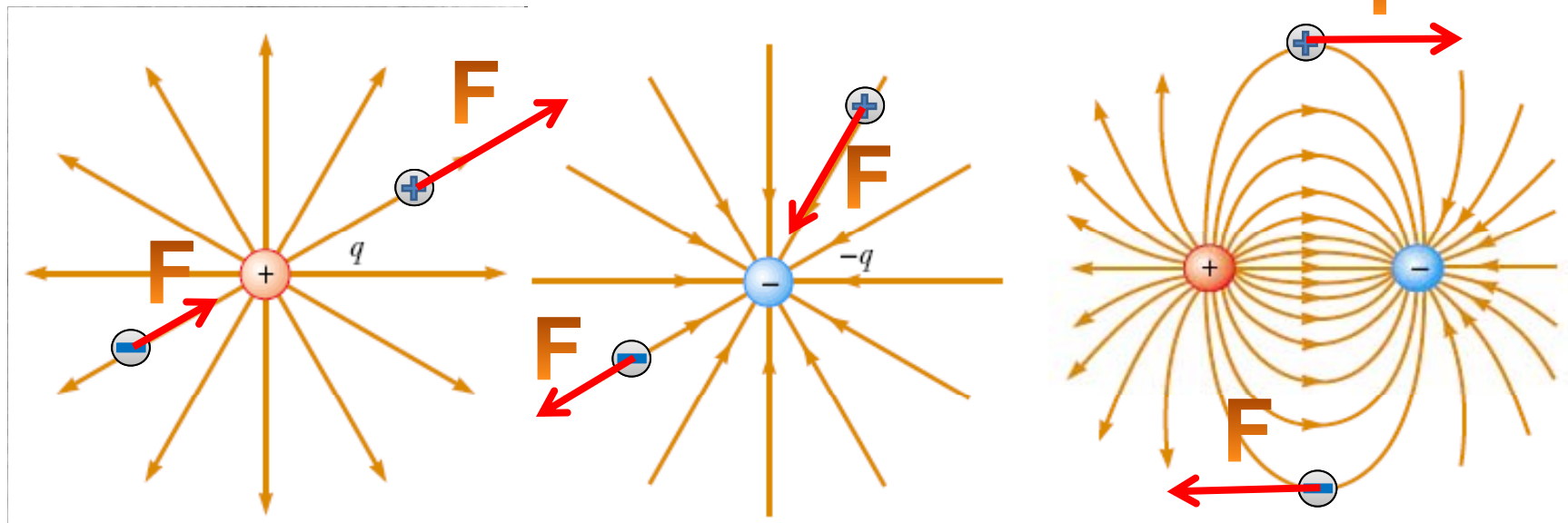
Δυναμικές Γραμμές

- Περιγράφουν με εύκολο γραφικό τρόπο ένα πεδίο δυνάμεων
 - Μεγαλύτερη πυκνότητα δυναμικών γραμμών συνεπάγεται μεγαλύτερο μέτρο δύναμης
 - Σε κάθε σημείο τους το διάνυσμα της δύναμης είναι εφαπτόμενο



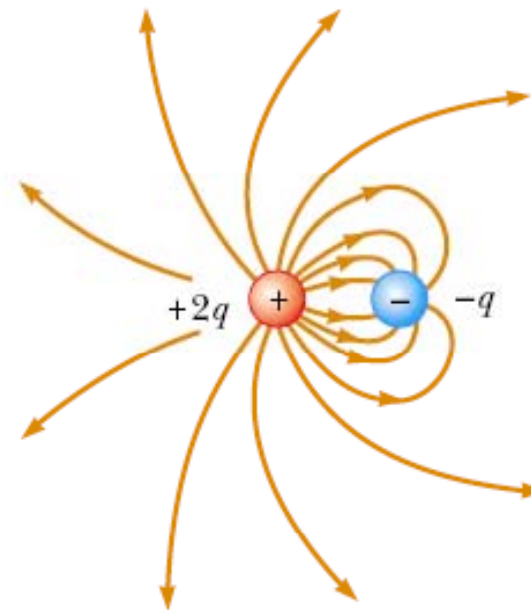
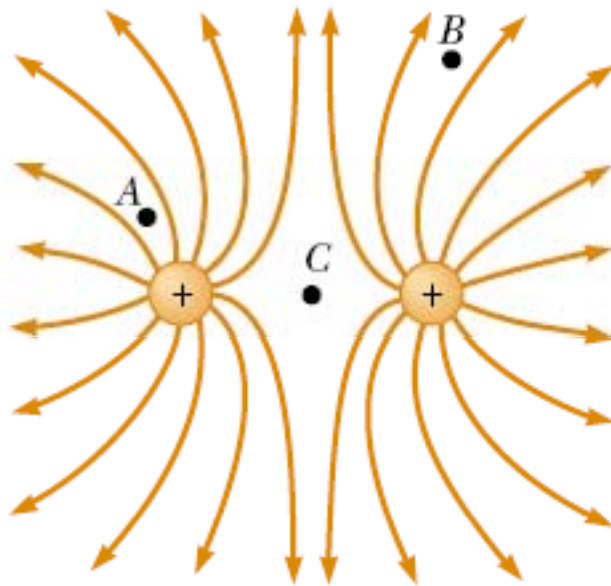
Ηλεκτρικές Δυναμικές Γραμμές

- Μικρά κομμάτια από κλωστή αιωρούμενα σε λάδι που ευθυγραμμίζονται λόγω του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται από ένα μικρό αγωγό στο κέντρο.
- Η φορά των δυναμικών γραμμών μας δείχνει τη δύναμη που θα ασκηθεί σε ένα δοκιμαστικό **θετικό** φορτίο.



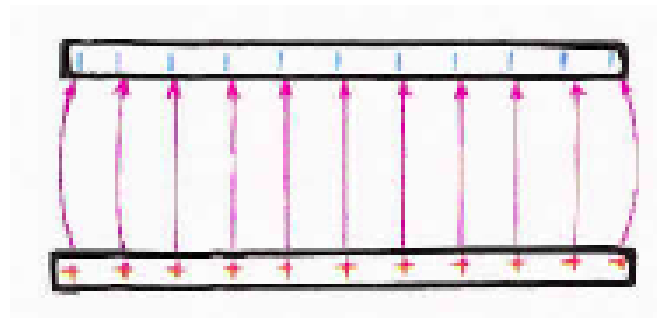
Ηλεκτρικές Δυναμικές Γραμμές

- Η φορά των δυναμικών γραμμών μας δείχνει τη δύναμη που θα ασκηθεί σε ένα δοκιμαστικό **θετικό** φορτίο



Ομογενές Ηλεκτρικό Πεδίο

- Το ηλεκτρικό πεδίο που οι δυναμικές του γραμμές είναι παράλληλες λέγεται **ομογενές**.
- Σε ένα ομογενές πεδίο ένα φορτίο δέχεται παντού την **ίδια** δύναμη.
 - Αφού η πυκνότητα των δυναμικών γραμμών είναι η ίδια



Ηλεκτρικό Πεδίο και Ενέργεια

- Αφού το φορτισμένο σφαιρίδιο βρίσκεται μέσα στο ηλεκτρικό πεδίο, ασκείται σ' αυτό ηλεκτρική δύναμη. Επομένως έχει δυναμική ενέργεια που την ονομάζουμε **ηλεκτρική δυναμική ενέργεια**.
 - Η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια μπορεί να μετατραπεί σε κινητική όπως ακριβώς με την βαρυτική δυναμική ενέργεια.

