

## Φύλλο εργασίας για τα ηλεκτροστατικά φορτία και το νόμο του Coulomb.

Βασισμένο σε προσομοίωση του Interactive Physics.

Τα φορτία θεωρούνται στατικά και σημειακά.

Ένα ηλεκτρικά ουδέτερο σωματίδιο (π.χ. ένα νετρόνιο) και ένα φορτισμένο σωματίδιο (αρνητικά ή θετικά) αλληλεπιδρούν;

.....  
.....

Δύο φορτισμένα σωματίδια αλληλεπιδρούν;

.....  
.....

Πως αλληλεπιδρούν δύο ετερόνυμα φορτία (ένα θετικό και ένα αρνητικό φορτίο);

..... 

Πως αλληλεπιδρούν δύο ομώνυμα φορτία (ένα θετικό με ένα θετικό ή ένα αρνητικό με ένα αρνητικό φορτίο);

..... 

Από ποια φυσικά μεγέθη εξαρτώνται αυτές οι δυνάμεις αλληλεπίδρασης και με ποιο τρόπο:

### **π.χ. 1**

Παρατηρούμε στην προσομοίωση ότι όταν το  $Q_1 = 1 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ , το  $Q_2 = 1 \cdot 10^{-4} \text{ C}$  και βρίσκονται σε απόσταση  $r = 3 \text{ m}$ , οι δυνάμεις έχουν μέτρο  $|F| = 10 \text{ N}$ .

Αν διπλασιάσουμε το πρώτο φορτίο κρατώντας τα υπόλοιπα σταθερά, δηλαδή  $Q_1 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ ,  $Q_2 = 1 \cdot 10^{-4} \text{ C}$  και  $r = 3 \text{ m}$ , οι δυνάμεις έχουν μέτρο  $|F| = 20 \text{ N}$ .

Αν λοιπόν ..... ένα φορτίο, ..... και η δύναμη.

Αν τώρα διπλασιάσουμε και το δεύτερο φορτίο κρατώντας τα υπόλοιπα σταθερά, δηλαδή  $Q_1 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ ,  $Q_2 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ C}$  και  $r = 3 \text{ m}$ , οι δυνάμεις έχουν μέτρο  $|F| = 40 \text{ N}$ .

Αν λοιπόν ..... και τα δύο φορτία, ..... η δύναμη.

### **Συμπέρασμα 1**

Όταν η απόσταση δύο φορτίων είναι σταθερή, η ηλεκτρική δύναμη αλληλεπίδρασής τους είναι ..... του ..... των .....

### **π.χ. 2**

Παρατηρούμε στην προσομοίωση ότι όταν το  $Q_1 = 1 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ , το  $Q_2 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ C}$  και βρίσκονται σε απόσταση  $r = 3 \text{ m}$ , οι δυνάμεις έχουν μέτρο  $|F| = 100 \text{ N}$ .

Αν διπλασιάσουμε την απόστασή τους κρατώντας τα υπόλοιπα σταθερά, δηλαδή  $Q_1 = 1 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ ,  $Q_2 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ C}$  και  $r = 6 \text{ m}$ , οι δυνάμεις έχουν μέτρο  $|F| = 25 \text{ N}$ .

Ουπς! Μικραίνει και μάλιστα τέσσερις φορές, δηλαδή υποτετραπλασιάζεται.

### **Συμπέρασμα 2**

Όταν η τιμή των δύο φορτίων είναι σταθερή, η ηλεκτρική δύναμη αλληλεπίδρασής τους είναι ..... του ..... της μεταξύ τους .....

Με όσα είδαμε ως τώρα, ο τύπος θα μπορούσε να είναι  $|F| = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$  ??????

Μια δοκιμή θα μας πείσει....

Χρησιμοποιώντας τις τιμές του π.χ. 1,  $Q_1 = 1 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ ,  $Q_2 = 1 \cdot 10^{-4} \text{ C}$  και  $r = 3 \text{ m}$ , στον δικό μας τύπο, θα έπρεπε να προκύψει  $|F| = 10 \text{ N}$ .

αλλά  $|F| = \frac{1 \cdot 10^{-4} \text{ C} \cdot 1 \cdot 10^{-4} \text{ C}}{(3\text{m})^2} \Rightarrow |F| = \frac{10^{-8} \text{ C}^2}{9 \text{ m}^2}$ . Αυτό ούτε 10 κάνει, ούτε N είναι!!!

Ποιο είναι το λάθος; Σε αντίθεση με τον κύριο Charles Coulomb, δεν λάβαμε υπόψη μας το διηλεκτρικό μέσο, μέσα σε ποιο υλικό δηλαδή βρίσκονται τα φορτία.

Αν τα φορτία βρίσκονται στο κενό και κατά προσέγγιση στον αέρα, η τιμή αυτής της σταθεράς είναι  $9 \cdot 10^9$ .

Οι μονάδα της σταθεράς αυτής πρέπει να είναι τέτοια ώστε τελικά στον τύπο να προκύπτει 1N.

Στον τύπο λοιπόν που «χτίσαμε» πρέπει να προστεθεί μια σταθερά αναλογίας η οποία ονομάζεται

διηλεκτρική σταθερά, συμβολίζεται με  $k$  και ισούται με  $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$

Τελικά η μαθηματική έκφραση του νόμου του Coulomb είναι  $|F| = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$

και η διατύπωση του νόμου του Coulomb είναι

**Το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης ( $|F|$ ) με την οποία ..... δύο στατικά  
σημειακά φορτία ( $Q_1$  και  $Q_2$ ) είναι ..... του ..... των  
..... και ..... του  
..... της μεταξύ τους ..... ( $r^2$ ).**

Εργασία

Να επαληθευθούν τα αποτελέσματα που είδαμε στα παραδείγματα (π.χ.1 και π.χ.2) μέσω της προσομοίωσης, χρησιμοποιώντας τη μαθηματική έκφραση του νόμου του Coulomb.