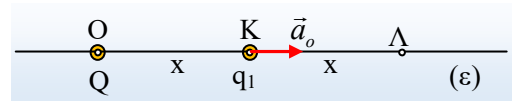


**Η μετακίνηση μιας φορτισμένης σφαίρας. Φ.Ε.**

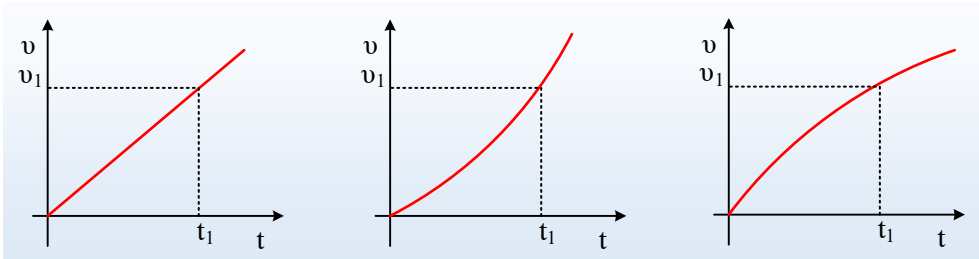
Στο σημείο Ο μιας ευθείας (ε) έχουμε ακλόνητα τοποθετήσει ένα σημειακό θετικό φορτίο Q. Σε μια στιγμή αφήνουμε στο σημείο Κ της ευθείας σε απόσταση (ΟΚ)=x μια μικρή σφαίρα Α μάζας  $m_1 = m$  και φορτίου  $q_1$ , η οποία αποκτά επιτάχυνση  $a_0$ , όπως στο σχήμα. Μετά από λίγο η σφαίρα Α περνά από το σημείο Λ, όπου (ΚΛ)=x με ταχύτητα  $v_1$ .



- i) Να σχεδιάσετε την ένταση του πεδίου που δημιουργεί το φορτίο Q, στο σημείο Κ. Ποιο το πρόσημο του φορτίου της σφαίρας Α;
- ii) Η κίνηση από το Κ στο Λ, είναι ή όχι ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη;
- iii) Η επιτάχυνση  $a_1$  της σφαίρας στη θέση Λ έχει μέτρο:

α)  $a_1 = a_0$ , β)  $a_1 = \frac{1}{2} a_0$ , γ)  $a_1 = \frac{1}{4} a_0$ , δ)  $a_1 = 2a_0$ .

- iv) Ποιο από τα παρακάτω διαγράμματα παριστάνει την ταχύτητα της σφαίρας Α, σε συνάρτηση με το χρόνο;



v) Αντικαθιστούμε τη σφαίρα Α, με άλλη Β μάζας  $m_2 = 2m$  και φορτίου  $q_2 = q_1$ , αφήνοντάς την να κινηθεί από το σημείο Κ.

Α) Η αρχική επιτάχυνση της Β σφαίρας, έχει μέτρο  $a_B$ , τότε:

α)  $a_B = a_0$ , β)  $a_B = \frac{1}{2} a_0$ , γ)  $a_B = \frac{1}{4} a_0$ , δ)  $a_B = 2a_0$ .

Β) Αν  $W_A$  και  $W_B$  τα έργα των δυνάμεων που ασκήθηκαν στις σφαίρες Α και Β αντίστοιχα, κατά την μετακίνησή τους από το Κ στο Λ, θα ισχύει:

α)  $W_A = \frac{1}{2} W_B$ , β)  $W_A = W_B$ , γ)  $W_A = 2 W_B$ .

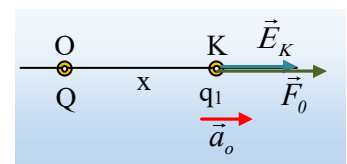
Γ) Αν η σφαίρα Β φτάνει στο Λ έχοντας ταχύτητα  $v_2$ , τότε:

α)  $v_2 < v_1$ , β)  $v_2 = v_1$ , γ)  $v_2 > v_1$ .

Να δικαιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

**Απάντηση:**

i) Αφού το ακλόνητο φορτίο Q, στο Ο, είναι θετικό, δημιουργεί γύρω του ηλεκτρικό πεδίο με δυναμικές γραμμές ευθύγραμμες, οι οποίες έχουν αυτό ως αρχή και καταλήγουν στο άπειρο. Αλλά τότε η ευθεία (ε) αποτελεί μια τέτοια δυναμική γραμμή και η ένταση στο σημείο Κ, η  $\vec{E}_K$ , έχει την κατεύθυνση



του διπλανού σχήματος.

Εξάλλου η σφαίρα δέχεται μια δύναμη στο σημείο Κ, εξαιτίας της οποίας αποκτά την επιτάχυνση που μας δόθηκε. Αλλά από το θεμελιώδη νόμο της μηχανικής έχουμε:

$$\vec{F}_0 = m\vec{a}_0 \quad (1)$$

Πράγμα που σημαίνει ότι δύναμη και επιτάχυνση έχουν την ίδια κατεύθυνση, όπως στο σχήμα. Τα δυο φορτία με άλλα λόγια απωθούνται, άρα η σφαίρα έχει και αυτή θετικό φορτίο  $q_1 > 0$ .

ii) Το μέτρο της δύναμης που επιταχύνει την σφαίρα, η δύναμη Coulomb δίνεται από την σχέση:

$$F = k \frac{Qq_1}{r^2} \quad (2)$$

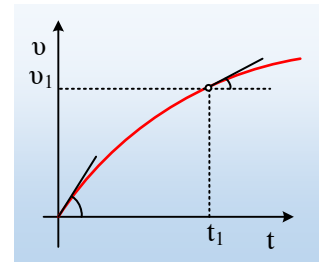
Αυτό σημαίνει ότι δεν είναι σταθερή αλλά μειώνεται καθώς αυξάνεται η απόσταση  $r$  από το Ο. Συνεπώς η κίνηση είναι επιταχυνόμενη αλλά όχι ομαλά (με επιτάχυνση όχι σταθερή).

iii) Καθώς η σφαίρα περνά από την θέση Λ, δέχεται δύναμη μέτρου:

$$F_1 = k \frac{Qq_1}{r_1^2} = k \frac{Qq_1}{(2x)^2} = k \frac{Qq_1}{4x^2} = \frac{1}{4} \cdot k \frac{Qq_1}{x^2} = \frac{1}{4} F_0$$

Αλλά τότε με βάση την (1), αφού δέχεται δύναμη ίση με το  $\frac{1}{4}$  της αρχικής, θα έχει και επιτάχυνση ίση με το  $\frac{1}{4}$  της αρχικής  $a_0$ . Σωστό το γ).

iv) Η κλίση σε ένα διάγραμμα  $v-t$  μας δίνει την επιτάχυνση. Εδώ βλέπουμε η επιτάχυνση να μειώνεται καθώς η σφαίρα απομακρύνεται, συνεπώς το σωστό διάγραμμα είναι το τρίτο, αφού μόνο σε αυτό η κλίση μειώνεται με την πάροδο του χρόνου. Βλέπε το διπλανό διάγραμμα και τις κλίσεις στην αρχή και στην θέση Λ, όπου  $v-v_1$ .



v) Από την στιγμή που η Β σφαίρα έχει επίσης φορτίο  $q_1$ , (όσο και η Α), θα δέχεται την ίδια δύναμη  $F_0$ .

Α) Αλλά τότε για την αρχική επιτάχυνσή της θα έχουμε:

$$\vec{F}_0 = m_2 \vec{a}_B \rightarrow$$

$$\alpha_B = \frac{F_0}{m_2} = \frac{F_0}{2m} = \frac{1}{2} \cdot \frac{F_0}{m} = \frac{1}{2} \cdot a_0$$

Σωστό το β).

Β) Σύμφωνα με τα παραπάνω, οι δυο σφαίρες, σε κάθε θέση, δέχονται ίσες δυνάμεις από το φορτίο Q. Μεταβλητές μεν, ίσου όμως μέτρου. Οπότε για την ίδια διαδρομή οι δύο δυνάμεις θα παράγουν ίσα μέτρα, αφού για κάθε στοιχειώδη μετατόπιση μπορούμε να γράψουμε:

$$\Delta W_A = F \cdot \Delta x = \Delta W_B.$$

Σωστό το β).  $W_A = W_B$ .

Γ) Αν εφαρμόσουμε το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας από το Κ στο Λ για μια από τις

παραπάνω σφαίρες, θα πάρουμε:

$$K_A - K_K = W_F \rightarrow$$

$$\frac{1}{2} m v^2 = W_F$$

Αλλά αφού παράγονται ίσα έργα πάνω στις δυο σφαίρες, από την τελευταία εξίσωση προκύπτει ότι αυτές θα αποκτήσουν ίσες κινητικές ενέργειες:

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 = \frac{1}{2} m_2 v_2^2 \rightarrow$$

$$m v_1^2 = 2 m v_2^2 \rightarrow$$

$$v_1^2 = 2 v_2^2$$

Η Α σφαίρα δηλαδή αποκτά μεγαλύτερη ταχύτητα και σωστό είναι το α)

[dmargaris@gmail.com](mailto:dmargaris@gmail.com)