

ΗΛΕΚΤΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ

Ένα φορτισμένο σωματίδιο έχει μάζα m και φορτίο q .

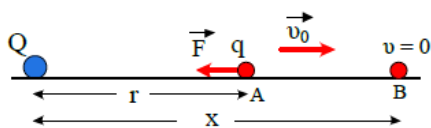
Όταν ένα φορτισμένο σωματίδιο βρεθεί στο ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται π.χ. από ένα άλλο φορτισμένο σωματίδιο δέχεται ηλεκτρική δύναμη, εξαιτίας της οποίας επιταχύνεται ή επιβραδύνεται.

Επειδή η δύναμη αυτή είναι αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης δεν είναι σταθερή – επομένως δεν μπορούμε να μιλήσουμε για ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση.

Α.Δ.Μ.Ε. σε Ηλεκτρικό Πεδίο

$$E_{\text{αρχ}} = E_{\text{τελ}}$$

- Οριζόντια Κίνηση φορτισμένου σωματιδίου εντός Η.Π.



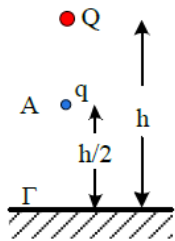
$$E_A = E_B \Leftrightarrow U_A + K_A = U_B + K_B \Leftrightarrow$$

$$k \frac{Qq}{r^2} + \frac{1}{2} m u_0^2 = k \frac{Qq}{x^2} + \frac{1}{2} m 0^2 \Leftrightarrow$$

$$k \frac{Qq}{r^2} + \frac{1}{2} m u_0^2 = k \frac{Qq}{x^2}$$

Το επίπεδο αναφοράς της δυναμικής ενέργειας είναι στο άπειρο (δηλ. σε πολύ μεγάλη απόσταση από το φορτίο-πηγή του ηλεκτρικού πεδίου). $U_\infty = 0$

- Κατακόρυφη Κίνηση φορτισμένου σωματιδίου εντός Η.Π.



Το φορτίο Q είναι ακλόνητο σε ύψος h από το έδαφος.

$$E_A = E_\Gamma \Leftrightarrow U_{A,\eta\lambda} + U_{A,\beta\alpha\rho} + K_A = U_{\Gamma,\eta\lambda} + U_{\Gamma,\beta\alpha\rho} + K_\Gamma \Leftrightarrow$$

$$k \frac{Qq}{h/2} + mg \frac{h}{2} + \frac{1}{2} m u_A^2 = k \frac{Qq}{h} + 0 + \frac{1}{2} m u_\Gamma^2$$

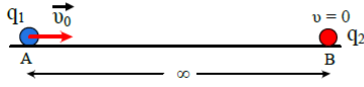
Α.Δ.Ο. σε Ηλεκτρικό Πεδίο

$$p_{o\lambda}^{\alpha\rho\chi} = p_{o\lambda}^{\tau\epsilon\lambda}$$

Ισχύει όπως και στη Μηχανική.

Συνήθως χρησιμοποιούμε Α.Δ.Ο. σε συνδυασμό με Α.Δ.Μ.Ε. όταν έχουμε πρόβλημα δύο κινούμενων σωματιδίων.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ



Σφαιρίδιο Α, το οποίο έχει μάζα $m_1 = 2 \cdot 10^{-10} \text{ kg}$ και φορτίο $q_1 = 10^{-8} \text{ C}$, εκτοξεύεται με αρχική ταχύτητα $u_0 = 600 \text{ m/s}$ από πολύ μεγάλη απόσταση προς ένα αρχικά ακίνητο σφαιρίδιο Β, το οποίο έχει μάζα $m_2 = 2m_1 = 4 \cdot 10^{-10} \text{ kg}$ και

φορτίο $q_2 = 2q_1 = 2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$. Τα δύο σφαιρίδια βρίσκονται πάνω σε λεία οριζόντια επιφάνεια από μονωτικό υλικό. Να υπολογίσετε:

- Τα μέτρα των ταχυτήτων των δύο σφαιριδίων, τη χρονική στιγμή t_1 που η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του συστήματος των δύο φορτίων είναι μέγιστη.
- Τη μέγιστη ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του συστήματος των δύο φορτίων.
- Την απόσταση των δύο σφαιριδίων τη χρονική στιγμή t_1 .
- Την ταχύτητα του σωματιδίου Β, όταν το σωματίδιο Α έχει ταχύτητα μέτρου $u_1 = 400 \text{ m/s}$.
- Τις ταχύτητες των δύο σωματιδίων όταν πάψουν να αλληλεπιδρούν

Δίνεται η σταθερά $k_c = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$

Η βαρυτική αλληλεπίδραση των δύο σφαιριδίων να θεωρηθεί αμελητέα.

Περιγραφή της Λύσης

- Η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια γίνεται μέγιστη όταν η απόσταση είναι ελάχιστη $r = r_{\min}$

Όταν το σφαιρίδιο Α αρχίζει να πλησιάζει το σφαιρίδιο Β, τα δύο σφαιρίδια αρχίζουν να απωθούνται με δύναμη Coulomb, της οποίας το μέτρο βαθμιαία αυξάνεται. Αυτό έχει ως συνέπεια, το μεν σφαιρίδιο Α να επιβραδύνεται (όχι ομαλά) συνεχώς, το δε σφαιρίδιο Β να επιταχύνεται συνεχώς (όχι ομαλά). Αυτό σημαίνει ότι το μέτρο της ταχύτητας u_1 του σφαιριδίου Α συνεχώς ελαττώνεται, ενώ το μέτρο της ταχύτητας u_2 του σφαιριδίου Β συνεχώς αυξάνεται. Προφανώς, η απόσταση των δύο σφαιριδίων γίνεται ελάχιστη όταν οι ταχύτητες τους αποκτούν (στιγμιαία) ίσα μέτρα, δηλαδή, όταν είναι: $u_1 = u_2 = u$.

Εφαρμόζουμε Α.Δ.Ο.

- Επειδή το $r_{\min}$ δεν είναι γνωστό, υπολογίζω το $U_{\max}$ με Α.Δ.Μ.Ε. όταν βρίσκονται σε άπειρη απόσταση και όταν βρίσκονται σε απόσταση $r_{\min}$
- Προκύπτει εύκολα από το β.
- Η ταχύτητα ενός σωματιδίου οποιαδήποτε χρονική στιγμή μπορεί να υπολογιστεί με Α.Δ.Ο.

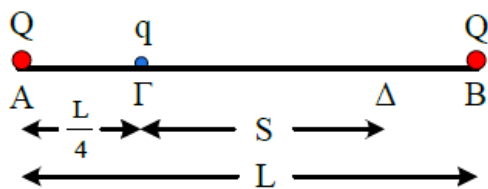
ε. Α.Δ.Μ.Ε. από τη στιγμή που έχουν άπειρη απόσταση μεταξύ τους και κινείται μόνο το ένα μέχρι τη στιγμή που έχουν άπειρη απόσταση και κινούνται και τα δύο και Α.Δ.Ο.

Θ.Μ.Κ.Ε. σε Ηλεκτρικό Πεδίο

$$K_{τελ} - K_{αρχ} = W_{ολ}$$

Εδώ το έργο είναι το έργο της ηλεκτρικής δύναμης το οποίο είναι: $W = qV_{AB}$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ



Το σωματίδιο μάζας $m=2\text{kg}$ και φορτίου $q=Q/4$ ξεκινά να κινείται από τη θέση Γ προς τη θέση Δ. Στα σημεία Α και Β βρίσκονται ακλόνητα φορτία $Q_A=Q_B=Q=4\mu\text{C}$. Να βρείτε την απόσταση S αν στο σημείο Δ το σωματίδιο ακινητοποιείται. ($L=1\text{m}$)

ΛΥΣΗ

$$K_{τελ} - K_{αρχ} = W_{ολ} \Leftrightarrow \frac{1}{2}mu_{\Delta}^2 - 0 = q(V_{\Gamma} - V_{\Delta})$$

$$0 = \frac{Q}{4} \left(k \frac{Q}{L/4} + k \frac{Q}{3L/4} - k \frac{Q}{(L/4 + S)} - k \frac{Q}{(L - (L/4 + S))} \right)$$

$$kQ \left(\frac{1}{L/4} + \frac{1}{3L/4} - \frac{1}{(L/4 + S)} - \frac{1}{(L - (L/4 + S))} \right) = 0$$

$$\frac{1}{L/4} + \frac{1}{3L/4} - \frac{1}{(L/4 + S)} - \frac{1}{(3L/4 - S)} = 0$$

$$\frac{3L}{4} \left(\frac{L}{4} + S \right) \left(\frac{3L}{4} - S \right) + \frac{L}{4} \left(\frac{L}{4} + S \right) \left(\frac{3L}{4} - S \right) + \frac{3L}{4} \left(\frac{L}{4} \right) \left(\frac{3L}{4} - S \right) + \frac{3L}{4} \left(\frac{L}{4} \right) \left(\frac{L}{4} + S \right) = 0$$

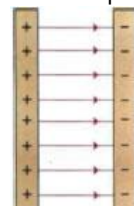
$$\dots S=0,5\text{m}$$

Κίνηση σε Ομογενές Ηλεκτρικό Πεδίο

Ομογενές Ηλεκτρικό Πεδίο ονομάζεται το ηλεκτρικό πεδίο που έχει την ίδια ένταση E σε όλα τα σημεία.

Γενικώς στο Ομογενές Η.Π. ισχύει:

$$V = E \cdot d$$



Όπου E είναι η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου, V η διαφορά δυναμικού ανάμεσα στις πλάκες του οπλισμού και d η απόσταση μεταξύ τους.

Η δύναμη που δέχεται ένα φορτίο q μέσα στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο είναι:

$$F = E \cdot q$$

Και είναι σταθερή.

Επομένως το έργο της δύναμης δίνεται από τη σχέση $W = F \cdot \Delta x$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο έντασης $E = 10^8 \text{ N/C}$ αφήνεται ελεύθερο σωματίδιο μάζας $m = 0,02 \text{ g}$ και φορτίου $q = +2 \mu\text{C}$. Αν η κίνηση του σωματιδίου γίνεται χωρίς τριβές να υπολογίσετε:

- α) την επιτάχυνση του σωματιδίου τη στιγμή που αφέθηκε ελεύθερο
- β) την ταχύτητα του σωματιδίου όταν έχει μετακινηθεί κατά $\Delta x = 2 \text{ cm}$

Δίνεται $K = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

ΛΥΣΗ

A) Το σωματίδιο δέχεται δύναμη $F = E \cdot q = 10^8 \cdot 2 \cdot 10^{-6} = 2 \cdot 10^2 \text{ N}$

$$F = m \cdot a \Leftrightarrow 2 \cdot 10^2 = 0,02 \cdot 10^{-3} \cdot a \Leftrightarrow a = \frac{2 \cdot 10^2}{0,02 \cdot 10^{-3}} = 10^7 \text{ m/s}^2$$

B) ΘΜΚΕ

$$K_{\text{τελ}} - K_{\text{αρχ}} = W \Leftrightarrow \frac{1}{2} m u^2 = F \cdot \Delta x \Leftrightarrow u^2 = \frac{2 \cdot F \cdot \Delta x}{m} = \frac{2 \cdot 10^2 \cdot 2 \cdot 10^{-2}}{0,02 \cdot 10^{-3}} \Leftrightarrow u^2 = 2 \Leftrightarrow u = \sqrt{2} \text{ m/s}$$