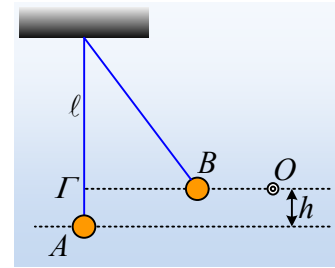


### Η εκτροπή μιας φορτισμένης σφαίρας.

Μια μικρή φορτισμένη σφαίρα, μάζας  $m=10\text{g}$  και φορτίου  $q_1$ , ηρεμεί στο κάτω άκρο ενός κατακόρυφου νήματος (θέση Α) μήκους  $\ell=1\text{m}$  από μονωτικό υλικό. Φέρνουμε στο σημείο Ο, το οποίο απέχει κατακόρυφη απόσταση  $h=0,2\text{m}$  και οριζόντια απόσταση (ΟΓ)= $1\text{m}$  από την θέση Α, ένα σημειακό φορτίο  $q_2=4\mu\text{C}$ , με αποτέλεσμα η σφαίρα να εκτρέπεται και τελικά να ισορροπεί στη θέση Β, μεταξύ του Ο και του Γ.



- i) Να βρεθεί η γωνία εκτροπής του νήματος στην τελική θέση ισορροπίας της σφαίρας.
- ii) Να υπολογιστούν η οριζόντια και η κατακόρυφη συνιστώσα της τάσης του νήματος στην τελική θέση.
- iii) Να βρεθεί το φορτίο  $q_1$  της σφαίρας.
- iv) Κατά τη διάρκεια της μετακίνησης της σφαίρας από τη θέση Α στη θέση Β, το έργο της δύναμης που δέχτηκε από το ηλεκτρικό πεδίο είναι θετικό, αρνητικό ή μηδέν; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

Δίνεται η σταθερά του νόμου Coulomb  $k=9 \cdot 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$  και  $g=10 \text{m/s}^2$ .

#### Απάντηση:

- i) Με βάση το διπλανό σχήμα η γωνία εκτροπής, είναι η γωνία  $\theta$ . Για να την προσδιορίζουμε, υπολογίζουμε κάποιον τριγωνομετρικό αριθμό της. Έτσι παίρνοντας το συνημίτονο έχουμε:

$$\sigma\upsilon\nu\theta = \frac{(K\Gamma)}{(KB)} = \frac{\ell - h}{\ell} = \frac{1\text{m} - 0,2\text{m}}{1\text{m}} = 0,8$$

Προφανώς μπορούμε να βρούμε πια τη γωνία  $\theta$  και σε μοίρες, αλλά με την χρήση κάποιου Τριγωνομετρικού πίνακα ή με ένα κομπιουτεράκι...

Αλλά αυτό δεν είναι απαραίτητο. Αφού ξέρουμε ένα Τριγωνομετρικό αριθμό, «ξέρουμε» τη γωνία.

- ii) Η σφαίρα ισορροπεί στη θέση Β, συνεπώς η συνισταμένη δύναμη είναι μηδενική, τόσο στην οριζόντια, όσο και στην κατακόρυφη διεύθυνση:

$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow T_y = w = mg = 0,01 \cdot 10 \text{N} = 0,1 \text{N}$$

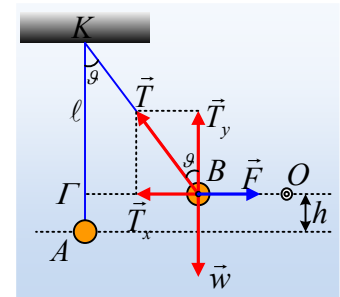
$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow F = T_x \quad (1)$$

Όμως  $\sigma\upsilon\nu\theta = \frac{T_y}{T} \rightarrow T = \frac{T_y}{\sigma\upsilon\nu\theta} = \frac{0,1 \text{N}}{0,8} = 0,125 \text{N}$ , ενώ με βάση το πυθαγόρειο θεώρημα, έχουμε:

$$T_x^2 + T_y^2 = T^2 \rightarrow T_x = \sqrt{T^2 - T_y^2} = \sqrt{0,125^2 - 0,1^2} \text{N} = 0,075 \text{N}$$

- iii) Η δύναμη Coulomb που ασκείται στη σφαίρα από το σημειακό φορτίο  $q_2$ , είναι όπως στο σχήμα για να ισορροπεί η σφαίρα και έχει μέτρο, με βάση την (1),  $F=0,075 \text{N}$ .

Όμως:



$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2} \quad (2)$$

Όπου  $r$  η απόσταση (BO). Όμως από το Π.Θ. στο τρίγωνο ΓBK παίρνουμε:

$$(GB) = \sqrt{(KB)^2 - (KG)^2} = \sqrt{1^2 - 0,8^2} m = \sqrt{0,36} m = 0,6 m$$

Οπότε  $r = (GO) - (GB) = 1 m - 0,6 m = 0,4 m$  και από την εξίσωση (2) παίρνουμε:

$$|q_1| = \frac{F \cdot r^2}{k |q_2|} = \frac{0,075 \cdot 0,4^2}{9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-6}} C = \frac{1}{3} \cdot 10^{-6} C = \frac{1}{3} \mu C$$

Αλλά αφού η δύναμη μεταξύ των φορτίων είναι ελκτική, τα φορτία έχουν αντίθετα φορτία, οπότε:

$$q_1 = -\frac{1}{3} \mu C$$

iv) Το έργο που παράγεται κατά την μετακίνηση από το Α στο Β της σφαίρας, από την δύναμη Coulomb δίνεται από την εξίσωση:

$$W_{A \rightarrow B} = q_1 (V_A - V_B) \rightarrow$$

$$W_{A \rightarrow B} = q_1 \left( k \frac{q_2}{(AO)} - k \frac{q_2}{(BO)} \right) = k q_1 \cdot q_2 \left( \frac{1}{(AO)} - \frac{1}{(BO)} \right) \quad (3)$$

Αλλά  $(AO) > (BO)$ , οπότε  $\frac{1}{(AO)} < \frac{1}{(BO)}$  συνεπώς η ποσότητα που περιέχεται στην παρένθεση της

(3) είναι αρνητική και πολλαπλασιαζόμενη με την αρνητική τιμή του φορτίου  $q_1$ , μας δίνει θετικό αποτέλεσμα, δηλαδή το παραγόμενο έργο είναι θετικό.

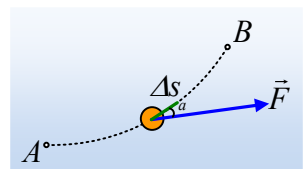
### Σχόλια:

1) Παραπάνω χρησιμοποιήσαμε δύο φορές το Π.Θ. Θα μπορούσαμε να μην το κάνουμε, χρησιμοποιώντας το ημθ. Πράγματι από την εξίσωση  $\eta \mu^2 \vartheta + \sigma \nu^2 \vartheta = l$  βρίσκουμε ότι  $\eta \mu \theta = 0,6$ , ενώ  $T_x = T \cdot \eta \mu \theta$  και  $(GB) = (KB) \cdot \eta \mu \theta = 0,6 m$ .

2) Για να απαντήσουμε στο τελευταίο ερώτημα, ας φανταστούμε μια στοιχειώδη και τυχαία μετατόπιση κατά  $\Delta s$  της σφαίρας. Το αντίστοιχο παραγόμενο έργο είναι:

$$\Delta W = F \cdot \Delta s \cdot \sigma \nu \alpha$$

Αλλά η γωνία  $\alpha$  είναι οξεία και το  $\sigma \nu \alpha$  είναι θετικό. Αλλά τότε για κάθε τέτοια τυχαία μετατόπιση, το αντίστοιχο έργο θα είναι θετικό και το άθροισμά τους, τι οποίο θα μας δίνει και το ολικό έργο, θα είναι επίσης θετικό.



### Υλικό Φυσικής-Χημείας

Γιατί το να μοιάζεις πράγματα, είναι καλό για όλους...

Επιμέλεια: Διονύσης Μάργαρης